

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO SINTETIZADOR DE AUDIO WEB
PARA LA PEDAGOGÍA DIDÁCTICA DEL DISEÑO DE SONIDO**

JUAN CAMILO ARAGÓN GARCÍA

Código: 1968217

aragon.juan@correounivalle.edu.co

JUAN DAVID RINCÓN CUADROS

Código: 2060185

juan.david.rincon@correounivalle.edu.co

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TULUÁ – VALLE DEL CAUCA

2023

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO SINTETIZADOR DE AUDIO WEB
PARA LA PEDAGOGÍA DIDÁCTICA DEL DISEÑO DE SONIDO**

JUAN CAMILO ARAGÓN GARCÍA

Código: 1968217

aragon.juan@correounivalle.edu.co

JUAN DAVID RINCÓN CUADROS

Código: 2060185

juan.david.rincon@correounivalle.edu.co

Director

Carlos Andrés Delgado Saavedra, Ing.

carlos.andres.delgado@correounivalle.edu.co

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TULUÁ – VALLE DEL CAUCA

2023

Agradecimientos

Infinitas gracias a todos los docentes que formaron parte de nuestro proceso de aprendizaje, tanto en la sede Tuluá como en la de Buga. Sus enseñanzas y conocimientos han sido fundamentales para nuestra vida profesional y personal.

Gracias a nuestros padres por ser nuestros principales motores y brindarnos la oportunidad de educarnos para ser personas que aporten a la construcción y desarrollo del país.

Nuestros más profundos agradecimientos al profesor Carlos Delgado y Paulo Guitiérrez por su orientación experta y por compartir su conocimiento invaluable a lo largo de este proyecto.

Gracias a la música y en especial al Rap por ser catalizador y medio de expresión, que aporta a la vida de muchos jóvenes para ser cada día mejores. También por ser la principal inspiración por la que surge el presente proyecto.

“Esparce alegría sea cual sea tu caso

Se aprende de la victoria, pero más del fracaso

No hagas lo que te toque, así el precio sea el rechazo

Unos nacen para dejar huella, otros solo para dar pasos”.

-Rapcam.

Tabla de Contenido

Resumen	VIII
Introducción	X
1. Contexto y objetivos	1
1.1. Problema de Investigación	1
1.1.1. Descripción del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos y resultados esperados	3
1.3. Alcance	3
1.4. Estructura del documento	4
2. Marco Referencial	5
2.1. Glosario	5
2.2. Marco Teórico	6
2.2.1. El Sonido	6
2.2.2. Historia de la Síntesis de Audio	8
2.2.3. Síntesis de Sonido	14
2.2.4. Herramientas para el desarrollo de contenidos educativos	16
2.2.4.1. Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)	17
2.2.4.2. SCORM	17
2.2.4.3. eXe Learning	17
2.2.4.4. LMS (Learning Management System):	17
2.2.4.5. LMS Moodle	18
2.2.5. Metodología de diseño de OVA de la Universidad del Valle	18
2.2.5.1. Fase 1. Formulación y planificación	18
2.2.5.2. Fase 2. Análisis	19
2.2.5.3. Fase 3. Ingeniería	20

2.2.5.4.	Fase 4. Generación de páginas y pruebas	20
2.2.5.5.	Fase 5. Entrega de los OVAs listos para ser evaluados . . .	21
2.2.6.	Taxonomías en el proceso formativo.	21
2.2.6.1.	Taxonomía de Bloom para la era digital	23
2.2.7.	Metodología SCRUM	24
3.	Diseño y desarrollo del Proyecto	25
3.1.	Aplicación de la metodología SCRUM	25
3.2.	Acerca del Proyecto	27
3.3.	Metodología de Aprendizaje	30
3.4.	Aplicación del diseño de OVA al Proyecto	30
3.4.1.	Fase 1. Formulación y planificación	30
3.4.2.	Fase 2. Análisis	33
3.4.3.	Fase 3. Ingeniería	38
3.4.3.1.	Desarrollo de contenidos	38
3.4.3.2.	Diseño gráfico y computacional de los OVA	39
3.4.4.	Fase 4. Generación de páginas y pruebas	43
3.4.4.1.	Mockups	43
3.4.4.2.	Prototipos	44
3.4.4.3.	Implementación del sistema de aprendizaje (LMS)	45
3.4.4.4.	Instalación del LMS	46
3.5.	Desarrollo de prototipo de sintetizador de audio web	48
3.5.1.	Construcción de interfaz	49
3.5.2.	Interacción entre componentes	51
3.5.3.	Arquitectura Implementada	51
3.5.4.	Programación	52
3.5.5.	Prototipo final del sintetizador de audio web	54
3.5.5.1.	Requerimientos de sistema	55
4.	Pruebas, implementación y resultados	56
4.1.	Implementación de los OVA en el curso	56
4.1.1.	Pruebas y correcciones preliminares	56
4.1.2.	Prueba piloto	57
4.1.3.	Metodología de la encuesta	58
4.1.4.	Encuesta y resultados	60
4.1.4.1.	Calidad de contenidos:	60
4.1.4.2.	Adecuación de los objetivos de aprendizaje:	60
4.1.4.3.	Retroalimentación y adaptación:	61
4.1.4.4.	Motivación:	61
4.1.4.5.	Diseño y presentación:	61
4.1.4.6.	Usabilidad:	62

TABLA DE CONTENIDO

IV

4.1.4.7. Pregunta cualitativa:	62
4.1.5. Análisis de resultados	63
5. Conclusiones y trabajos futuros	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Trabajos futuros	67
Bibliografía	68

Lista de Figuras

1.1. Perfil de Colombia en materia de ciencia, tecnología e innovación.	1
2.1. Características de una onda Sinusoidal.	7
2.2. Valor pico representado por la línea superior	8
2.3. Valor Eficaz.	8
2.4. Roland JD-800.	10
2.5. Syntorial.	10
2.6. Onda Cuadrada.	15
2.7. Onda Triangular.	15
2.8. Onda Dientes de Sierra.	15
2.9. Habilidades del pensamiento.	23
3.1. Las cuatro etapas de un envolvente de amplitud ADSR, Elaboración Propia.	28
3.2. Diagrama de casos de uso del Profesor. Elaboración propia	33
3.3. Diagrama de casos de uso del Estudiante. Elaboración propia	33
3.4. Evaluación del curso Introducción a MIDI, extraída del Microcurriculum del curso	37
3.5. Diseño básico de los OVA y la organización de los elementos, Fuente: Elabo- ración Propia.	38
3.6. Diagrama de navegación, ingreso al LMS Moodle: Campus Virtual Universi- dad del Valle, Fuente: Elaboración Propia.	40
3.7. Diagrama de navegación en cada tema, ejemplo ingresando a “El Sonido”, Fuente: Elaboración Propia.	40
3.8. Diagrama de navegación en cada OVA, ejemplo ingresando a “OVA -El So- nido”, Fuente: Elaboración Propia.	41
3.9. OVA “El sonido”, modulo “Explicación”. Elaboración Propia.	44
3.10. Prototipo OVA El sonido, Explicación. Fuente: Elaboración propia.	45
3.11. Curso implementado en el LMS Moodle de la Universidad del Valle para el despliegue del contenido de aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.	47

3.12. Despliegue del contenido de los OVA y prototipo de sintetizador de sonido en el Moodle de la Universidad del Valle. Fuente: Elaboración propia.	47
3.13. Contexto de audio de forma gráfica. Extraída del Libro Web de API Audio	49
3.14. Mockup del sintetizador de audio web "Conagon Synth". Elaboración propia	50
3.15. Clase Oscilador 1. Elaboración propia	51
3.16. Estructura de carpetas y archivos para el desarrollo del Sintetizador. Elaboración propia	52
3.17. Estructura de carpetas y archivos para el desarrollo del Sintetizador. Elaboración propia	53
3.18. Conagon Synth, prototipo de sintetizador de audio web. Elaboración propia	54
4.1. Corrección planteada en el OVA - Osciladores por parte del profesor Paulo Gutiérrez. Elaboración propia	57
4.2. Corrección realizada en el OVA - Osciladores por sugerencia realizada por parte del profesor Paulo Gutiérrez. Elaboración propia	57
4.3. Tabla de resultado del indicador calidad de contenidos. Elaboración propia	63
4.4. Gráfico indicador calidad de contenidos. Elaboración propia	63

Lista de tablas

1.1. Objetivos Específicos	3
2.1. Comparación de Herramientas de Aprendizaje y Síntesis de Audio. Fuente: Elaboración propia.	13
2.2. Comparación de taxonomías educativas. Fuente: Elaboración propia.	22
3.1. Tabla de Sprint Backlog	26
3.2. Tabla de Requerimientos Funcionales	32
3.3. Tabla de Requerimientos No Funcionales	32
3.4. Tabla roles del sistema	33
3.5. Comparativa de enfoques pedagógicos y su aplicación en OVA. Fuente: Elabo- ración propia.	34
3.6. Guía de indicadores de evaluación según enfoque pedagógico. Fuente: Elabo- ración propia	36
4.1. Resultados a las preguntas sobre la calidad de contenidos: Elaboración propia.	60
4.2. Resultados a las preguntas sobre la adecuación de los objetivos de aprendi- zaje: Elaboración propia.	61
4.3. Resultados a las preguntas sobre la retroalimentación y adaptación: Elabo- ración propia.	61
4.4. Resultados a las preguntas sobre la motivación: Elaboración propia.	61
4.5. Resultados a las preguntas sobre el diseño y presentación: Elaboración propia.	61
4.6. Resultados a las preguntas sobre la Usabilidad: Elaboración propia.	62
4.7. Resultados a la pregunta cualitativa: Elaboración propia.	62

Resumen

La síntesis de audio ha ganado una creciente importancia con el tiempo, siendo relevante tanto en el ámbito educativo como en la industria musical. Sin embargo, la disponibilidad de recursos y la comprensión de este campo a menudo son limitados, y la inversión en sintetizadores puede ser costosa. Por esta razón, se desarrolló un prototipo de sintetizador de audio web con el objetivo de unir la educación y la música, diseñado para estudiantes tanto con conocimientos previos como sin experiencia. Para la creación de los contenidos educativos sobre la síntesis de audio se usaron Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) bajo la metodología para el desarrollo de OVA de la Dintev. Utilizando el lenguaje JavaScript y la Web API de Audio, se creó un prototipo funcional e intuitivo que complementa la teoría de la síntesis de audio, estimulando el deseo de crear sonidos para diversas aplicaciones, desde la música hasta los videojuegos.

El enfoque metodológico incluyó la metodología SCRUM con sprints para guiar el desarrollo del proyecto, y el resultado fue una herramienta educativa que promueve una mayor comprensión y entusiasmo por la síntesis de sonido, con la intención de hacer que este campo sea más accesible y emocionante para alumnos o usuarios que deseen aprender.

Palabras clave

Aprendizaje, música, audio digital, sintetizadores, web audio API. Objetos virtuales de aprendizaje (OVA)

Abstract

Audio synthesis has gained increasing importance over time, being relevant in both the educational and music industry realms. However, the availability of resources and understanding of this field are often limited, and the investment in synthesizers can be expensive. For this reason, a web-based audio synthesizer prototype was developed with the aim of bridging education and music. Designed for both students with prior knowledge and those without experience, Virtual Learning Objects (VLO) were used in the creation of educational content about audio synthesis under the methodology for VLO development from Dintev. Using JavaScript and the Web Audio API, a functional and intuitive prototype was created to complement the theory of audio synthesis, stimulating the desire to create sounds for various applications, from music to video games.

The methodological approach included the SCRUM methodology with sprints to guide the project's development, and the result was an educational tool that promotes a deeper understanding and excitement for sound synthesis, with the intention of making this field more accessible and thrilling for students or users looking to learn.

Keywords

Learning, music, digital audio, synthesizers, web audio API. Virtual Learning Objects (VLO).

Introducción

En la actualidad los sistemas de información permiten reducir los procesos sonoros que requieren una producción musical, minimizar el costo, el tiempo, tener librerías de sonidos, instrumentos musicales, efectos, sintetizadores, compresores y limitadores, etc.

El desarrollo de programas llamados D.A.W (DIGITAL AUDIO WORKSTATION) o estaciones de trabajo de audio digital que permiten grabar, editar, procesar y mezclar múltiples pistas de audio de manera conjunta (FL Studio, Ableton Live, Studio One, etc.) Según Musicpod [1]. Y sus extensiones internas conocidas como VST's (VISUAL STUDIO TECHNOLOGIES) Desarrollados por Steinberg, son capaces de llevar un estudio musical a un software, como lo afirma la universidad American College de Macedonia [2] e influyen en los avances significativos en la música.

Los sintetizadores de audio son una herramienta indispensable en los estudios de producción musical por su robustez y capacidad a la hora de experimentar sonidos y emular instrumentos musicales casi a la perfección a través de la síntesis de sonido.

Hoy por hoy el mercado cuenta con un amplio catálogo de sintetizadores físicos y plugins VST sintetizadores, todos capaces de cumplir su función fundamental, obtener sonidos de un modo no acústico; es decir, la creación de sonidos a partir de la propia teoría matemática de estos, según Manuel Casanovas [3], pero una limitada información sobre como manipular un sintetizador para alcanzar una sonoridad deseada, por ello los productores y músicos prefieren utilizar instrumentos físicos o plugins VST con sonidos preestablecidos, dejando de lado la gran capacidad que puede tener un sintetizador de audio.

Movidos por las sensaciones, los sentimientos que genera la música, la producción musical, la creación, experimentación de sonidos y la pasión de emular procesos físicos por medio de la tecnología, nace este proyecto en el que se llevará a cabo el desarrollo de un sintetizador de audio web con fines educativos que abarque las características fundamentales del diseño de sonido, que faciliten el entendimiento de la síntesis de audio básica por medio de la pedagogía ilustrativa y didáctica, incentivando así a más productores, músicos y personas del común a aprender sobre el diseño de sonido.

Capítulo 1

Contexto y objetivos

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Descripción del problema

La investigación y el desarrollo son piezas fundamentales para la productividad y avance económico de un país. El papel de la actividad científica y su participación en el cambio tecnológico es en el mundo cada día más relevante por la contribución directa y cada vez más aceptada del conocimiento científico al progreso industrial y social, y además por la estrecha relación que existe entre el desarrollo tecnológico y el desarrollo económico.[4] A pesar de esta premisa, Colombia sigue siendo uno de los países con menor inversión en Investigación y Desarrollo, por lo que se mantienen brechas en desarrollo, crecimiento y generación de conocimiento que incide en una mayor desigualdad científica[5] y por supuesto social. El PIB del país destinado a investigación y desarrollo entre el año 2020 – 2021 fue solo del 0,24 %, ocupando el séptimo lugar en el ranking latinoamericano que lidera Brasil con el 1.26 %, como se puede observar en la figura 1[6]. Sin embargo, en países como Israel y Corea del sur se invierte un PIB mayor al 4 % en I+D[7]. [Figura 1.1].

Tema	Indicador	Valor Colombia	Ranking en América Latina	Mejor país en América Latina (valor)	Fuente
Inversión	Inversión en ACTI (% del PIB)	0,61 %	7 de 10	Costa Rica (2,67 %)	RICYT (2018)
	Inversión en I+D (% del PIB)	0,24 %	7 de 13	Brasil (1,26 %)	RICYT (2018)

Figura 1.1: Perfil de Colombia en materia de ciencia, tecnología e innovación.
Fuente: Consejo privado de Competitividad, “Ciencia y Tecnología e innovación”, Colombia, 2021.

En Colombia se ha buscado implementar la economía naranja en los últimos tiempos y la cultura ha ganado cada vez más relevancia como un sector que no solamente aporta a la identidad, a la cohesión social y al patrimonio cultural del país, “sino que es un potencial generador de crecimiento económico”, según Ángel Moreno coordinador del grupo de emprendimiento cultural del Ministerio de Cultura [8]. La industria musical no para de cosechar frutos, ya que, en el caso de Colombia, la música grabada movió 52 millones de dólares en 2020 y se prevé que este negocio alcance los 76 millones en 2025, debido a que los artistas colombianos siguen abriéndose paso en la arena internacional.[9]

La síntesis de sonido está íntimamente relacionada con la música. Los primeros sintetizadores fueron diseñados para emitir sonidos, pero acto seguido se dieron cuenta de que su aplicación en la música sería inmediata [10], pero el costo del sintetizador más barato según Jaime Echague es el del Dubreq Sylophone con un equivalente a 58 dólares [11] y El del famoso Sintetizador VST Roldan JD-8 149 dólares [12], precios no tan asequibles para las personas que cuentan con ganas de aprender, pero no con el presupuesto suficiente.

La información que se brinda actualmente para las personas interesadas en el dominio de un sintetizador es poco ilustrativa, lo que conlleva a que fácilmente se pierda el interés en la creación de sonidos desde cero, como reflejo de esta situación, se observa que muchos de los sonidos de las actuales producciones en la industria música son el resultado de la suma de otros sonidos ya preestablecidos, mayormente con plugin's vst's, o Técnicas de sampleo; El muestreo de música, o el uso de material previamente grabado en una nueva composición, es una práctica casi omnipresente entre los productores de hip-hop y electrónica[13], lo que conlleva muchas veces a incurrir en problemas legales, ya sea porque el plugin vst o DAW es pirata o porque el creador de la canción que samplearon reclama sus derechos de autor al detectar que utilizaron una o varias partes de su obra.

Esta situaciones no es agena algunas sedes universitarias, como la sede Buga de la Universidad del Valle que contrasta con la sede de Meléndez en Cali, donde los estudiantes tienen acceso a hardware y software especializado, en Buga enfrentan limitaciones. Esto afecta especialmente al curso de “Introducción a MIDI”, donde los estudiantes deben compartir un solo equipo o traer sus propias computadoras, lo que dificulta la dinámica de la clase y la práctica en casa si no cumplen con los requisitos del software.

En ocasiones, los estudiantes han considerado desplazarse a la sede de Cali para acceder a mejores recursos, pero esto presenta desafíos significativos debido a la falta de medios y recursos de muchos de ellos.

Esta brecha en recursos y material didáctico en la educación musical en diferentes sedes de la Universidad del Valle, junto con las limitaciones en el acceso a herramientas de síntesis de sonido asequibles, resalta la necesidad de abordar este problema para promover un aprendizaje didáctico y practico en el campo de la síntesis de audio en el contexto de la música y la cultura en Colombia.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo se puede apoyar el aprendizaje de diseño de sonido en los estudiantes de la asignatura electiva introducción a MIDI de la escuela de música de la universidad del valle?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo sintetizador de audio web como herramienta para la pedagogía didáctica del diseño de sonido.

1.2.2. Objetivos específicos y resultados esperados

Objetivo específico	Sección del documento
Definir los conceptos, componentes y características de un sintetizador de sonido.	Capítulo 3, subsección 3.2
Desarrollar los contenidos temáticos para el aprendizaje de diseño de sonido.	Capítulo 3, subsección 3.4
Desarrollar un prototipo de sintetizador de audio web como herramienta práctica para el aprendizaje en el diseño de sonido.	Capítulo 3, subsección 3.5
Implementar los OVAS en el publico objetivo, con el propósito de evaluar tanto la adquisición de conocimientos, como la efectividad del contenido.	Capítulo 4

Tabla 1.1: Objetivos Específicos

Fuente: Elaboración propia

1.3. Alcance

El presente trabajo está diseñado para aquellos interesados en aprender síntesis de sonido basico. En primer lugar, se presentará un prototipo dirigido a los estudiantes del programa de Licenciatura en Música de la Universidad del Valle, sede Buga, en la asignatura electiva; Introducción a MIDI específicamente para estudiantes entre cuarto a décimo semestre. Esta herramienta brindara 7 Objetos virtuales de aprendizaje (OVA) y cada ova brindara un tema especifico sobre la síntesis y el diseño de sonido, al finalizar la seria de ova el alumno podrá interactuar con un sintetizador de audio web para que ponga en practica los conocimientos adquiridos.

La supervisión de este proyecto estará a cargo del PhD. Carlos Andrés Delgado, experto en Procesamiento de Señales Digitales y Sistemas de Gestión de Aprendizaje. Además,

contaremos con la asesoría del Licenciado en Música, Paulo Gutiérrez, quien imparte la cátedra de Introducción a MIDI en las sedes de la Universidad del Valle en Buga y Cali.

1.4. Estructura del documento

El presente documento se encuentra dividido en 5 capítulos, en el primero se muestra la definición del problema de investigación y los objetivos de este proyecto. En el segundo, se encuentra el marco teórico y los antecedentes. En el tercero, se muestra el proceso de análisis para la construcción de los 7 ova y el prototipo de sintetizador de audio web para la asignatura introducción a MIDI del programa Licenciatura en Música de la Universidad del Valle sede Buga. En el cuarto, se analiza la usabilidad de la aplicación. Y finalmente, en el quinto se encuentran las conclusiones y trabajos futuros.

Capítulo 2

Marco Referencial

2.1. Glosario

- **Síntesis de audio** [14]: Es el proceso de crear sonidos utilizando tecnologías digitales o analógicas, generando ondas sonoras que pueden imitar instrumentos musicales, efectos o crear nuevos timbres sonoros.
- **Ondas sonoras** [15]: Son vibraciones de presión en un medio, como el aire, que se propagan a través del espacio y generan la percepción auditiva del sonido.
- **DAW** [1]: DAW (Digital Audio Workstation) es un software utilizado para grabar, editar y producir música y pistas de audio en formato digital. Es esencial para músicos y productores, ofreciendo herramientas para grabar, mezclar, aplicar efectos y manipular sonidos de manera creativa. Algunos ejemplos son Pro Tools, Logic Pro y Ableton Live.
- **MIDI** [16]: MIDI (Musical Instrument Digital Interface) es un protocolo de comunicación que permite a dispositivos electrónicos, como teclados, controladores y computadoras, intercambiar información musical, como notas, ritmo y control de parámetros, para crear y reproducir música de manera digital.
- **World Wide Web (WWW)** [17]: Sistema de información en línea que permite acceder y compartir documentos, imágenes, videos y otros recursos a través de enlaces o hipervínculos en páginas web utilizando navegadores de Internet.
- **Aplicación Web** [18]: Sistema informático que se utiliza accediendo al servidor a través de internet o una intranet. No requiere de instalación y tampoco de actualizaciones, por ello, se utiliza lenguajes del lado del servidor. De hecho, una aplicación web, se muestra en cualquier navegador, sin importar el sistema operativo donde éste

este instalado.

- **Sitio Web** [19]: Conjunto de documentos electrónicos de hipertexto que hacen referencia a un tema determinado. Generalmente están definidos por una página de bienvenida (home page), la cual se muestra inicialmente y desde la cual se puede acceder a las demás paginas por medio de enlaces (links). Un Sitio Web poseen un nombre de dominio, conocido popularmente como dirección de internet.
- **API** [20]: Es un conjunto de reglas y protocolos que permiten que diferentes aplicaciones o sistemas se comuniquen entre sí, facilitando el intercambio de datos y funcionalidades de manera estructurada y controlada.
- **Navegación** [21]: Es el desplazamiento a través de los diferentes sitios web y páginas de internet mediante un navegador.

2.2. Marco Teórico

La evolución de la música ha crecido de la mano con la aparición de nuevos instrumentos musicales; Piedras, semillas, maderas, conchas, huesos, cuernos empleados como percusiones, silbatos, flautas, trompetas, lengüetas, arcos, rombos son los objetos sonoros empleados hace más de 40.000 años con el acontecimiento del Homo sapiens sapiens en el Paleolítico Superior, instrumentos que producen sonidos arquetipos, que son la base del lenguaje sonoro y que producían impulsos rítmicos psicoacústicos empleados para los cultos de la antigüedad [22].

2.2.1. El Sonido

La música nace del sonido y, según A.M. Jaramillo Jaramillo [23], “El sonido es una pequeña alteración de la presión atmosférica producida por oscilación de partículas, a través de las cuales se transmite longitudinalmente la onda sonora”, en palabras más amigables, se puede describir el sonido como una onda esparcida en el aire por algún medio acústico que viaja aproximadamente a 340 m/S y que por sus propiedades físicas adopta unas características que generan desde sonidos simples que se representa en una onda sinusoidal fundamental como lo muestra la Figura 2.1, hasta los más complejos que podría verse como la sumatoria de varias ondas.

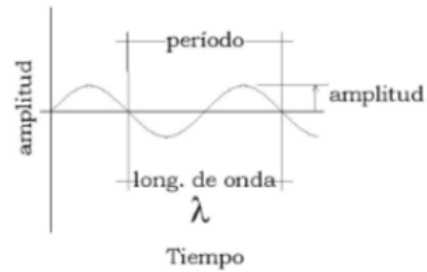


Figura 2.1: Características de una onda Sinusoidal.

Fuente: Libro de A.M. Jaramillo Jaramillo, ACÚSTICA: LA CIENCIA DEL SONIDO".[23]

Tal como lo muestra la anterior figura, las características principales de una onda sinusoidal son [23]:

Longitud de onda (λ)

Es la longitud de un ciclo completo de una onda, es decir, el tamaño que tiene una onda desde que empieza hasta que termina.

Periodo (T)

Es la duración en segundos de un ciclo completo de la onda. Cuánto tiempo tarda una onda en completar su ciclo desde que empieza hasta que termina.

Frecuencia (F)

Es el número de ciclos u oscilaciones que se repiten en un segundo. Sus unidades son los Hercios [Hz] (Ciclos por segundo). A esto se le llama tono, una frecuencia alta en una onda equivale a un tono agudo, y una frecuencia baja equivale a un tono grave.

Si se conoce la velocidad de la transmisión de la onda (C) y su frecuencia (F), se puede despejar la longitud de la onda con la siguiente fórmula: ($\lambda = C/F$)

Amplitud (A):

Es la presión o fuerza por unidad de superficie de las partículas del medio en un punto dado, en otras palabras, es el volumen que ejerce un sonido.

En términos más técnicos, la amplitud de una onda se define como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de la onda. El valor pico es el punto máximo de presión sonora en una onda, como se observa en la siguiente Figura 2.2.

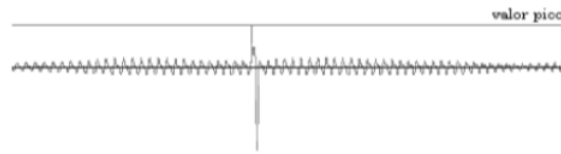


Figura 2.2: Valor pico representado por la línea superior

Fuente: Libro de A.M. Jaramillo Jaramillo, ACÚSTICA: LA CIENCIA DEL SONIDO". [23]

Y el valor eficaz o “root mean square” (RMS) es la onda senoidal que transporta la misma energía a lo largo de su recorrido, siendo el valor más representativo de las características generales de un sonido en el tiempo [23], como se observa en la Figura 2.3.

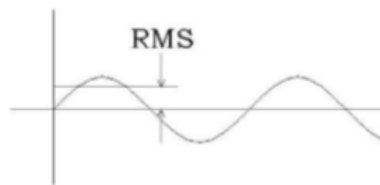


Figura 2.3: Valor Eficaz.

Fuente: Libro de A.M. Jaramillo Jaramillo, ACÚSTICA: LA CIENCIA DEL SONIDO". [23]

El oído humano responde al sonido de forma logarítmica, existiendo así diferencias de 1 a 5.000.000 dentro del rango audible, para ello se recurre a una unidad logarítmica como el decibel[dB], basado en la presión sonora SPL (Sound Pressure Level) que es el nivel de presión sonora por encima de un valor de referencia que equivale a 2×10^{-5} Pa (Pascuales). El rango audible se reduce a una escala logarítmica que va de 0 a 140 dB y en el eje de la frecuencia, el oído humano reconoce sonidos aproximadamente entre 20 y 20.000 Hz. [23] Para entender un poco más el concepto, podemos pensar que entre más presión sonora tenga el sonido, afectará su rango en dB y dependiendo de la frecuencia que tenga el sonido hará que se escuche más agudo o más grave, afectando su rango en Hz, a partir de los 80 dB se pueden presentar afectaciones auditivas, por ejemplo, el despegar de un avión a 60 m de distancia tiene aproximadamente 120 dB. [23]

2.2.2. Historia de la Síntesis de Audio

La música crece junto a las nuevas tecnologías, en concreto la música se origina en los estudios de radiodifusión francesa en el año 1948, cuando el compositor Pierre Schaeffer utilizando las nuevas tecnologías de grabación, reproducción y manipulación sonora, como el tocadiscos, con el que fabricó sonidos como cantos de pájaros, trenes y otros.[24]

La historia de los sintetizadores data de 1965, cuando el Físico e Ingeniero Electrónico Robert Bob Moog, desarrollo un sintetizador modular que vendía por 11.000 dólares, Estrenado discretamente por bandas musicales en su mayoría de rock de los 60 (Monkees, Beach Boys o Los Birds).[25]

Los bases del diseño de sonido se establecieron en 1863, con la publicación “On the Sensation of pitch as the physiological basis of music theory” hecha por el Científico Alemán Herman Ludwig Von Helmholtz, donde refutó las teorías vitalistas, demostrando que la estética de la música estaba en función de la capacidad mecánica del oído para percibir el movimiento de las ondas de los sonidos musicales.[26]

Historia del Audio en los Ordenadores

En 1957, Max Mathews diseña en los laboratorios Bell el primer programa capaz de sintetizar un sonido digitalmente, Music I, el código fue escrito en lenguaje ensamblador para la IBM 704, era muy limitado, solo permitía generar ondas triangulares con variaciones de frecuencia, amplitud y duración.[27] Su amigo, Newman Guttman, compone con MUSIC I; “The Silver Scale”, la primera composición producida por medios digitales en la historia.

Con la aparición de los ordenadores basados en transistores, Mathews creó Music II en 1958, para el IBM 7094. La siguiente versión fue en 1960 con el Music III, donde ya incluía series de bloques de síntesis y procesamiento de señal, como filtros, generadores de ruido y mezcladores. El Music IV sale a la luz en 1962, siendo capaz de procesar partituras en archivos de texto y convertirlas a señales de audio analógicas.[28] Así, con el pasar del tiempo se le fueron añadiendo más funcionalidades y características a Music, que llegó a su versión 11, la cual fue trasladada a una versión en código C, que es renombrada Csound reconocido hoy como uno de los lenguajes de programación orientados a crear, editar, analizar y componer música y sonido.

Hoy por hoy, el mercado de síntesis digital ofrece amplias opciones para decidir qué sintetizador utilizar en las producciones musicales, muchos de ellos emulando sintetizadores famosos, como es el caso del Roland JD-800 adaptado al software por la misma compañía creadora, Roland, consiguieron emular casi perfectamente las características del sintetizador analógico, siendo de gran utilidad, ya que permite ser ejecutado como programa de escritorio, como se observa en la Figura 2.4, y también puede ser utilizado en DAW como extensión VST.



Figura 2.4: Roland JD-800.

Fuente: Página oficial de los fabricantes, Roland Corporation [29]

Como es bien sabido, el motivo de este trabajo está enfocado al ámbito educativo, para fomentar en el usuario un aprendizaje básico de cómo funcionan los aspectos del diseño de sonido, los cuales el mercado digital de sintetizadores no ha explotado lo suficiente, pero no obstante a ello, la investigación conlleva a descubrir un software que es de suma importancia en el estudio y motivación de este proyecto, el Syntorial, creado por Audible Genius. Que, según J. Hanley, es un software de entrenamiento similar a un videojuego que le enseñará a programar parches de sintetizador de oído, como se evidencia en la Figura 2.5. Con casi 200 lecciones, combinando demostraciones de vídeo con desafíos interactivos, obtendrá experiencia práctica programando parches en un sintetizador incorporado, y aprenderá todo lo que necesita saber para comenzar a crear sus propios sonidos con facilidad.[30]

Cabe mencionar, a modo de diagnóstico, lo que se ha escrito y reflexionado sobre el tema, es decir, los antecedentes, en el presente se tomarán como referencia trabajos de grado como el de S. G. Chaparro que trata los efectos digitales de audio con la web audio API, así como el trabajo de D. L. Cayuso quién reflexiona sobre el diseño e implementación de un sintetizador, por último, se tomará como guía el trabajo de J. A. Cortez Osorio, A. M. Knott y J. A. Chaves Osorio, quienes escribieron sobre el tema de la aproximación a la síntesis de la música a través del análisis de Fourier.



Figura 2.5: Syntorial.

Fuente: Página oficial de los fabricantes, Audible Genius. [30]

El Syntorial, que se aprecia en la Figura 2.5 es un excelente software escrito en lenguaje C++ con el FrameWork JUCE (Audible Genius, 2022), mencionado anteriormente, para aprender síntesis de audio, pero no es gratuito y solo se ejecuta como programa de escritorio, limitando a muchos clientes potenciales a que adquieran el producto, ya sea por el costo que tiene su licencia por un valor de 125.82 dólares en el año en que se desarrolla este documento, o por el simple hecho de que el cliente no tenga espacio en su computador para poder instalarlo.

Es de suma importancia recalcar que uno de los objetos del presente es poderle brindar una herramienta web básica y gratuita para el aprendizaje del diseño de sonido, que le permita al usuario acceder desde cualquier lugar y dispositivo móvil sin tener que descargar ningún archivo ejecutable, por eso se hace énfasis en la importancia que tiene Syntorial en este proyecto, ya que es el único programa que arrojó el resultado de la investigación, diseñado para el aprendizaje de síntesis de audio de manera didáctica a través de software, sin tener que buscar documentaciones que requieren de mucho análisis para su entendimiento.

El Audio en la Web

La primera forma de reproducir sonidos en la web fue a través de la etiqueta `<bgsound>` que permitía a los autores de sitios web reproducir automáticamente música de fondo cuando un visitante abría sus páginas. Esta función solo estaba disponible en Internet Explorer y nunca fue estandarizada ni adoptada por otros navegadores. Netscape implementó una característica similar con la etiqueta `<embed>` proporcionando básicamente una funcionalidad equivalente. [31]

El World Wide Web Consortium (W3C) creó en 2011 el Audio Working Group (grupo de trabajo en audio). Su trabajo consiste en decidir qué estándar se debe seguir, y decidieron seguir el producto desarrollado en Google. En W3C decidieron nombrar como Audio Processing API a la conjunción de: Web Audio API, Web MIDI API.[27] Detalladas posteriormente en el proyecto, que según S. G. Chaparro; “Ofrece las herramientas para la conexión de dispositivos MIDI con una página web; y MediaStream Processing API, creada por Mozilla y utilizada para trabajar con flujos de audio en tiempo real”.[27]

En la búsqueda de herramientas y recursos que faciliten la comprensión y el dominio de estas estándares de forma interactiva, se han encontrado una serie de aplicaciones y plataformas educativas. Entre ellas, destacan notoriamente Viktor, Ableton Learn Synth, Syntorial, Websynths Microtonal y GSN Composer.

- **Viktor:**

Viktor NV-1 Synthesizer es un sintetizador web de código abierto basado en JavaScript, que además implementa Web-Audio-API y Web-MIDI-API. Viktor ofrece una estructura sustractiva tradicional que recuerda al clásico Minimoog con tres osciladores, ruido, filtro de paso bajo, tiene una polifonía y recintos separados de amplitud

y filtro, además de incorporar retardo y reverberación. Es el indicado para tocar con un sintetizador y comprender el funcionamiento de la API Web-MIDI y Web-Audio módulos que incorporan tanto para síntesis como para efectos.[32]

■ **Ableton Learn Synth:**

La compañía desarrolladora del DAW, Ableton, se extendió a la web y crearon un sitio web educativo para que los músicos aprendan los fundamentos de síntesis audio, construido en React y web audio API, donde enseñan conceptos como las ondas básicas, osciladores, envolventes, etc.[33]

Después de interactuar con esta herramienta, se concluye que tiene un gran potencial; sin embargo, le hace falta una interfaz semejante a lo que representa un sintetizador en la vida real, es por ello que se plantea que la interfaz de Viktor está diseñada en tener un acercamiento a un sintetizador real y la de Web Ableton Learn Synth se enfoca en la enseñanza de la síntesis de audio, más que en la esencia visual de un sintetizador, es allí donde el presente trabajo propone como una alternativa, tanto como de enseñanza, como de apariencia visual de un sintetizador, para así darle un concepto más claro y real al usuario de lo que es un sintetizador de sonido y como se maneja.

Estas herramientas ofrecen técnicas avanzadas de síntesis de sonido y ofrecen muchas posibilidades creativas para músicos, productores y entusiastas del sonido. En esta revisión del estado del arte, se procederá a examinar estas herramientas, sus características, ventajas y limitaciones, con el objetivo de proporcionar una visión integral del panorama actual en el aprendizaje y la síntesis de audio.

Herramienta	¿Qué hace?	¿Qué no hace?	Ventajas	Desventajas
Viktor	Síntesis de sonido avanzada	No proporciona tutoriales detallados	- Potente síntesis sonora - Amplia variedad de presets	- Curva de aprendizaje pronunciada
Ableton Learn Synth	Enseñanza de síntesis básica	Limitado para usuarios avanzados	- Fácil de usar para principiantes - Integra con Ableton Live	- Interfaz poco intuitiva

Herramienta	¿Qué hace?	¿Qué no hace?	Ventajas	Desventajas
Syntorial	Entrenamiento auditivo y síntesis interactiva	No es un sintetizador en sí	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrolla habilidades auditivas - Tutoriales interactivos 	<ul style="list-style-type: none"> - No genera sonidos por sí mismo - Puede requerir una inversión de tiempo significativa
Websynths Microtonal	Síntesis en línea	Limitado en comparación con software local	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso desde cualquier navegador - Exploración de microtonos 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitado en términos de funcionalidad avanzada - Dependencia de una conexión a Internet
GSN Composer	Composición generativa	No es un sintetizador tradicional	<ul style="list-style-type: none"> - Creatividad generativa - Composición automática 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos control manual - Limitado para músicos que prefieren el control manual

Tabla 2.1: Comparación de Herramientas de Aprendizaje y Síntesis de Audio. **Fuente:** Elaboración propia.

Herramientas para el Desarrollo de Audio Web

El desarrollo de audio web se ha vuelto cada vez más popular en la creación de sitios web interactivos y aplicaciones multimedia. Para lograrlo, existen diversas herramientas que permiten la incorporación de elementos de audio y música de manera dinámica. En este sentido, el lenguaje de programación JavaScript es fundamental, ya que brinda la capacidad de agregar interactividad a los sitios web mediante la manipulación de elementos de audio. Además, la Web Audio API ofrece una interfaz de programación que facilita el procesamiento y la síntesis de sonido en aplicaciones web. Por otro lado, el estándar MIDI juega un papel importante al permitir la comunicación y el intercambio de información musical

entre dispositivos electrónicos, como teclados y sintetizadores. Estas herramientas combinadas proporcionan a los desarrolladores la flexibilidad y el control necesarios para crear experiencias auditivas inmersivas en la web. A continuación se describen las herramientas para el desarrollo de audio web:

- **JavaScript:** Según M. W. Docs [34], “JavaScript es un robusto lenguaje de programación que se puede aplicar a un documento HTML y usarse para crear interactividad dinámica en los sitios web. Fue inventado por Brendan Eich, cofundador del proyecto Mozilla, Mozilla Foundation y la Corporación Mozilla”.
- **Web Audio API:** Web Audio API es una interfaz de programación que permite crear aplicaciones web de procesamiento y síntesis de sonido [27].
- **MIDI:** Musical Instrument Digital Interface (MIDI) es un estándar de comunicación digital que permite a los instrumentos musicales, electrónicos, computadoras y otros dispositivos relacionados intercambiar información y comandos musicales. MIDI proporciona una forma de controlar y sincronizar la reproducción de notas, ritmos, dinámicas y otros parámetros musicales entre diferentes dispositivos.

En lugar de transmitir señales de audio, MIDI transmite datos en forma de mensajes digitales que representan eventos musicales, como tocar una nota en un teclado, cambiar la velocidad de una canción o ajustar el volumen de un sintetizador. Estos mensajes MIDI se envían a través de cables MIDI o conexiones USB, y son interpretados por dispositivos compatibles con MIDI, como teclados, sintetizadores, controladores MIDI, computadoras y software de producción musical [16].

2.2.3. Síntesis de Sonido

En palabras de D. Reinoso, J. Di Pietro y R. Palmero [14], “La síntesis parte de generar por medios electrónicos y digitales los componentes primarios que constituyen a los sonidos. El sintetizador permite tanto generar a estos como variar sus distintas dimensiones (frecuencia, intensidad, duración y timbre). De esta manera podemos diseñar y producir sonidos tanto que evoquen y hasta se identifiquen con sonidos reales, como sonidos nuevos que no puedan ser identificados con ninguna fuente real. El análisis, por su parte, permite editar y procesar sonidos reales grabados. Esto es, manipular el material (cortarlo, pegarlo, invertirlo) como variar sus características perceptivas (altura, constitución espectral, especialización). De esta manera podemos reproducir sonidos de la realidad tanto con distintos grados de fidelidad como con distintos grados de referencialidad evocativa”. “” Como se observa en la Figura 2.1, expuesta anteriormente en el documento, la onda sinusoidal fundamental y la forma de onda más simple del sonido, pero para poder introducirse en la síntesis se debe saber que existen otras formas de onda como las que se muestran a continuación en la Figura 2.6, 2.7 y 2.8. Que son el resultado de una serie de sumas de la onda sinusoidal.



Figura 2.6: Onda Cuadrada.



Figura 2.7: Onda Triangular.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 2.8: Onda Dientes de Sierra.

Las ondas que se mencionan se les considera ondas básicas sobre las cuales se parte para realizar síntesis de audio, ya que son de fácil generación por fuentes electrónicas o digitales (VCO) y están presentes en todos los sintetizadores.

Concluyendo así cuáles son las ondas que se van a generar dentro del proceso de síntesis para el proyecto, haber estudiado las propiedades fundamentales y cómo se compone el sonido, es apropiado profundizar en las diferentes técnicas de síntesis de audio existentes, que tienen como objetivo alterar la frecuencia que contiene un sonido, modificando su onda y obteniendo como resultado un timbre distinto a la inicial.

Síntesis Sustractiva

La síntesis sustractiva a menudo se considera erróneamente como el único método de síntesis de sonido analógico. Aunque existen otros métodos de síntesis, la mayoría de los sintetizadores analógicos comerciales utilizan síntesis sustractiva. Porque a menudo se presenta con una interfaz de usuario que consta de una gran cantidad de perillas e interruptores, puede ser intimidante para el principiante, pero es muy adecuada para fines educativos. También se puede utilizar para ilustrar una serie de principios y modelos importantes que se utilizan en acústica y teoría del sonido. [16]

Esta técnica es una de las más clásicas en la síntesis y fue la empleada en la mayoría de los primeros sintetizadores, como las primeras versiones del Minimog, se basa en generar una onda compleja, es decir, la sumatoria de varias ondas simples y aplicarles un filtrado de audio selectivo para así eliminar algunas de las frecuencias, haciendo que se refine su timbre y se obtenga sonidos esculpidos.[35]

Síntesis Aditiva

La síntesis sustractiva parte de un sonido rico en armónicos y “sustrae” algunos de los armónicos, mientras que la síntesis aditiva hace casi lo contrario. Suma ondas sinusoidales de diferentes frecuencias para producir el sonido final. Como hay que controlar un gran número de parámetros simultáneamente, la interfaz de usuario suele ser mucho más compleja que la de un sintetizador sustractivo.[36]

La síntesis aditiva se basa en los trabajos de Fourier, un matemático francés del siglo XIX.

En 1807, Fourier demostró que la forma de cualquier onda repetitiva podía reproducirse sumando formas de onda más sencillas o, alternativamente, que cualquier forma de onda periódica podía describirse especificando la frecuencia y la amplitud de una serie de ondas sinusoidales.[36]

Síntesis FM

Utiliza el mismo principio del vibrato de altura realizado por el modulador de baja frecuencia, pero en este caso, con alta frecuencia. Consiste en modificar una onda, también llamada “portadora” mediante otra llamada “moduladora”; La profundidad de la modificación estará dada por la amplitud de la moduladora, llamada “índice de modulación”. [14]

Adicionalmente, D. Reinoso, J. Di Pietro y R. Palmero concluyen que, “El efecto que causa una modulación en una senoide, por ejemplo, es la generación de bandas de frecuencia laterales que pueden ser calculadas por la relación entre las frecuencias de la portadora y la moduladora en cuanto a su ubicación en el espectro. La intensidad de los componentes laterales puede ser a su vez calculada mediante unas funciones matemáticas llamadas “funciones de Bessel”. [14] A la relación entre portadora y moduladora se la llama “par simple” o “FM simple”. Pero este método permite también conectar en cascada a moduladores con otros moduladores, potenciando el efecto. A estas relaciones se las llama “FM compleja””.

Síntesis AM

Según D. Reinoso, J. Di Pietro y R. Palmero, “Consiste en modificar una onda, llamada “portadora” mediante otra llamada “moduladora”, el efecto que causa una modulación en una senoide, por ejemplo, es la generación de dos bandas laterales que pueden ser calculadas por la relación entre las frecuencias de la portadora y la moduladora en cuanto a su ubicación en el espectro. La intensidad de las bandas laterales corresponde a la mitad de la intensidad de la portadora”. [14]

2.2.4. Herramientas para el desarrollo de contenidos educativos

El desarrollo de contenidos educativos se ha beneficiado de diversas herramientas que permiten la creación y distribución de recursos interactivos. Entre estas herramientas se encuentran los OVA’s, recursos multimedia interactivos que combinan elementos como texto, imágenes, vídeos, animaciones y actividades interactivas. También está eXe Learning, una herramienta de código abierto que facilita la publicación de contenido educativo en la web. Además, el estándar SCORM promueve la interoperabilidad y reusabilidad de contenidos educativos digitales, mientras que la plataforma LMS Moodle ofrece un entorno de aprendizaje personalizado con seguimiento de la actividad del alumno. Estas herramientas brindan flexibilidad y eficiencia en la creación de contenidos educativos interactivos.

2.2.4.1. Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

Un OVA es un recurso multimedia interactivo que combina diferentes elementos, como texto, imágenes, vídeos, animaciones, simulaciones y actividades interactivas, para presentar información de manera didáctica y atractiva. Estos recursos pueden ser utilizados por estudiantes de forma autónoma, ya que proporcionan la posibilidad de aprender de manera independiente, sin necesidad de una guía constante del docente y pueden ser reutilizables en otros contextos educativos.[37]

Elementos estructurales de un Objeto de Aprendizaje [38].

- **Objetivos:** Expresan de manera explícita lo que el estudiante va a aprender.
- **Contenidos:** Se refiere a los conceptos y sus múltiples formas de representarlos, pueden ser: definiciones, entrevistas, imágenes, etc.
- **Actividades de Aprendizaje:** Tareas que el estudiante debe realizar con base en el tema estudiado, con el fin de hacer significativo el aprendizaje, desarrollar habilidades y alcanzar los objetivos de aprendizaje.
- **Elementos de contextualización:** Hace referencia a los datos que describen el objeto, como: título, idioma, la versión, la información relacionada con los derechos de autor.

2.2.4.2. SCORM

SCORM es una iniciativa respaldada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos que busca promover la interoperabilidad, reusabilidad de contenidos educativos digitales (e-learning) y es compatible con los sistemas LMS. Se convirtió en un estándar reconocido y abarca varios aspectos del proceso de creación de Objetos de Aprendizaje [39].

2.2.4.3. eXe Learning

Es un proyecto de código abierto disponible gratuitamente para ayudar a profesores, académicos y desarrolladores en la publicación de contenido, haciendo más sencillos los pasos en la programación web, compatible con el contenido SCORM [39], y es la herramienta que servirá en el desarrollo del contenido web para los módulos de aprendizaje del prototipo LMS del presente proyecto.

2.2.4.4. LMS (Learning Management System):

En palabras de J. M. Palma Ruiz, S. E. González Moreno y J. A. Cortés Montalvo, “Estos sistemas representan una herramienta didáctica innovadora que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje y la comunicación con estudiantes, principalmente los “nativos digitales”, a través de las tecnologías de la información y la comunicación”.[40] Los sistemas de

gestión de aprendizaje serán objeto de estudio en el presente, ya que su metodología y aplicabilidad brindan al estudiante una mejor comprensión de las etapas de aprendizaje, lo que permite que este pueda controlar su aprendizaje y, mediante el prototipo de sintetizador, adquirir los conocimientos básicos del diseño de sonido.

2.2.4.5. LMS Moodle

Es una plataforma de aprendizaje diseñada para educadores, administradores y estudiantes con un sistema integrado, robusto y seguro para crear ambientes de aprendizaje personalizados, dando la posibilidad de proponer ejercicios interactivos y no interactivos, realizando un seguimiento de la actividad del alumno en la plataforma.[39] Esta plataforma tiene la capacidad para integrar paquetes SCORM, lo que permitirá para el presente proyecto desplegar el contenido de los módulos realizados en eXe learning.

2.2.5. Metodología de diseño de OVA de la Universidad del Valle

La metodología para el diseño de objetos de aprendizaje de la Universidad del Valle está concebida en cinco fases, constituidas por una o varias etapas del modelo Iweb.[41] Estas integran el modelo pedagógico, una propuesta de diseño gráfico y de producción y utilización de medios.

2.2.5.1. Fase 1. Formulación y planificación

Definición del proyecto. En esta tapa, el docente junto al equipo multidisciplinar de trabajo (asesor pedagógico, diseñador, ingeniero de sistemas y comunicador) define:

- **Problema que quiere solucionar con el diseño de estos objetos:** Está relacionado con los usuarios a los cuales va dirigido el proyecto. Identifica problemas, tiempo y lugar de aprendizaje
- **Solución al problema:** Se refiere a las temáticas que debe abordar el material y cómo las abordará, qué tipo de objetos diseñará.
- **Objetivos y productos del proyecto:** Hacen referencia a los objetos de aprendizaje que se obtendrán al final.
- **Requerimientos funcionales y no funcionales preliminares:** Describen servicios o funciones para la aplicación. Por ejemplo, los vídeos, animaciones, fotografías que necesita. Necesidades de interfaz de usuario y factores humanos (tipo de interfaz, experiencia del personal), documentación (documentación requerida, destinatarios, tipo de documentación técnica), consideraciones de hardware (compatibilidad con otro hardware, existencia de otros sistemas).

2.2.5.2. Fase 2. Análisis

Esta etapa es la más importante de todo el proceso, en esta se estructuran pedagógicamente los objetos de aprendizaje. El profesor con su asesor pedagógico y metodológico definen los aspectos que le permiten al profesor autor tener una guía al momento de diseñar los contenidos.

- **Público objetivo:** Es fundamental identificar correctamente al público objetivo para poder diseñar el objeto de aprendizaje de manera efectiva. Para lograrlo, el profesor debe responder a una serie de preguntas clave, como la edad del estudiante, el estrato social al que pertenece, su nivel educativo y su estilo de aprendizaje. Estas preguntas son esenciales para orientar y adaptar el diseño del material académico de acuerdo con las características y necesidades específicas del estudiante. Tener en cuenta estos aspectos resulta relevante antes de embarcarse en el diseño del material académico.
- **Enfoque pedagógico:** Se enfatiza el enfoque pedagógico como el núcleo central de la metodología. La pregunta que surge es qué tipo de aprendizaje se desea promover a través de qué tipo de enseñanza. El profesor autor se plantea esta pregunta en su relación de diseño con el asesor pedagógico y metodológico. Para responderla, se analizan los elementos básicos de tres enfoques pedagógicos: conductista, cognitivista y constructivista. Además, se explora cómo el uso de tecnologías de la información y la comunicación influye en el replanteamiento del modelo de enseñanza-aprendizaje utilizado en el aula presencial tradicional.
- **Objetivos:** En el contexto del diseño de objetivos de aprendizaje, se sigue un enfoque pedagógico constructivista social, donde estos objetivos se conciben y plantean como competencias de aprendizaje, es decir, como capacidades para construir el pensamiento, en lugar de ser definidos como conductas observables. El enfoque se centra en el proceso de aprendizaje en sí mismo, más que en el resultado final. El objetivo principal es fomentar el desarrollo de habilidades y capacidades cognitivas, promoviendo un aprendizaje activo y significativo para los estudiantes.
- **Estrategias de aprendizaje:** Se plantean tres tipos de estrategias: las socio-afectivas, que son las que promueven la motivación, un clima apropiado para el aprendizaje y el afecto, con las que el estudiante puede mejorar su autoestima, la confianza en la tarea desempeñada y mejorar en sus actividades de aprendizaje; las cognitivas que son las que utiliza el estudiante para comprender, seleccionar, organizar, elaborar e interpretar los 32 conocimientos que se trabajan en el curso y las meta-cognitivas que son las que le permiten al estudiante regular su propio proceso de aprendizaje. Por lo general, los profesores se centran en las cognitivas, que finalmente son las que dan cuenta del aprendizaje que quieren lograr.
- **Modelo de evaluación:** En el enfoque tradicional de enseñanza, la evaluación se centra en la memorización y reproducción de conocimientos a través de exámenes. En

contraste, en el diseño formativo se promueve un modelo de evaluación más amplio. Se busca que los estudiantes construyan significados a través de la interpretación, el análisis y la resolución de problemas, en lugar de simplemente reproducir información. Se fomenta la evaluación continua y significativa, utilizando enfoques como el aprendizaje basado en problemas, el estudio de casos y el aprendizaje basado en proyectos. Además, se promueven la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación. El objetivo es que los estudiantes desarrollen una comprensión profunda y significativa de los contenidos.

- **Actividades de aprendizaje:** Las actividades de aprendizaje son realizadas por los estudiantes bajo la orientación del profesor y se adaptan al entorno de aprendizaje, como un LMS. Se enfatiza en el uso de herramientas colaborativas en línea, pero también se incluyen actividades prácticas fuera del entorno virtual. Para facilitar la interoperabilidad y reutilización de los objetos de aprendizaje.
- **Medios de comunicación:** Los objetos de aprendizaje integran diferentes medios como audio, vídeo y fotografía. Al utilizarlos, se consideran aspectos como la pertinencia pedagógica y los anchos de banda disponibles para los estudiantes. El objetivo pedagógico es prioritario al elegir el medio, pero también se busca garantizar la accesibilidad y visualización sin problemas. En algunos casos, los vídeos se enlazan desde la plataforma o se entregan a los estudiantes en otros formatos, como CD. Una vez definidos estos aspectos, se obtiene el boceto, que sirve como guía para el diseño de los contenidos por parte del profesor.

2.2.5.3. Fase 3. Ingeniería

Tiene dos tareas diseño del contenido y producción, en esta etapa se diseña, produce o adquiere todo el contenido texto, gráfico y vídeo que se vaya a integrar al Web App.

- **Etapa 1.** Desarrollo de contenidos.
- **Etapa 2.** Análisis definitivo de requerimientos funcionales y no funcionales.
- **Etapa 3.** Diseño gráfico y computacional.
- **Etapa 4.** Diseño y producción de unidades de información.

2.2.5.4. Fase 4. Generación de páginas y pruebas

- **Etapa 1. Montaje de los Objetos de Aprendizaje:** Se ordenan y acoplan las unidades de información en las plantillas programadas.
- **Etapa 2. Publicación y pruebas internas:** Se publican los objetos de manera privada en la plataforma virtual de aprendizaje y se hace una revisión interna en

la cual se tienen en cuenta aspectos funcionales y no funcionales del objeto, estos aspectos incluyen las indicaciones explícitas que haya hecho el autor del contenido.

- **Etapas 3. Correcciones:** Con el primer reporte, el diseñador gráfico e ingeniero realizan las respectivas correcciones.

2.2.5.5. Fase 5. Entrega de los OVAs listos para ser evaluados

- **Etapas 1. Evaluación y corrección:** Se publican los OVA en la plataforma virtual de aprendizaje. Se le da acceso al docente para que haga pruebas, evalúe y sugiera correcciones de ser necesario.

2.2.6. Taxonomías en el proceso formativo.

Las taxonomías en los procesos formativos se utilizan para clasificar y organizar el aprendizaje. Se basan en estudios de psicología, como el de Bloom en 1956, y han evolucionado con el tiempo, como la taxonomía de Marzano y Kendall. Una diferencia clave entre estas taxonomías es cómo se entiende la dificultad de ejecutar un proceso mental, que depende de la complejidad inherente del proceso y del nivel de familiaridad que uno tiene con él. El propósito de las taxonomías es organizar los procesos de pensamiento y los dominios del conocimiento. Estos se estimulan y desarrollan con estrategias planteadas por el docente en clase. El resultado es hacer competentes a los estudiantes, mejorando la práctica educativa al plantear objetivos de aprendizaje ordenados, graduales y racionales. Esto implica seleccionar los contenidos adecuados para facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.[42]

A continuación se presenta una tabla comparativa de las taxonomías investigadas que permite identificar la definición, las ventajas y desventajas de cada una de estas:

Aspecto	Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall	Taxonomía de Gerlach y Sullivan	Taxonomía de Bloom
Definición	Esta taxonomía se centra en la transferencia y aplicación del conocimiento, enfocándose en el desarrollo de habilidades de orden superior y el énfasis en la planificación y evaluación práctica del aprendizaje.[43]	Esta taxonomía se enfoca en el desarrollo cognitivo del estudiante y la adquisición de habilidades intelectuales. Proporciona un marco claro para evaluar y clasificar los niveles de pensamiento de los estudiantes.[44]	Ampliamente reconocida y adoptada, esta taxonomía promueve una progresión jerárquica del pensamiento, desde lo más básico hasta lo más complejo. Ayuda a los educadores a establecer objetivos de aprendizaje claros y alcanzables.[45]

Aspecto	Definición	Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall	Taxonomía de Geralch y Sullivan
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Enfatiza la importancia de la transferencia y la aplicación del conocimiento. - Enfoque práctico y aplicable para planificar lecciones y evaluar el aprendizaje. - Centrada en habilidades de alto nivel como razonamiento, resolución de problemas y toma de decisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se centra en el desarrollo cognitivo del estudiante y en la adquisición de habilidades intelectuales. - Promueve una progresión jerárquica del pensamiento, desde lo más básico hasta lo más complejo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proporciona un marco claro para la evaluación y clasificación de los niveles de pensamiento de los estudiantes. - Ayuda a los educadores a establecer objetivos de aprendizaje claros y alcanzables.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Demasiado compleja y difícil de entender y aplicar en la práctica. - Necesita actualizarse constantemente para seguir el ritmo de los avances en educación y tecnología. - Puede llegar a limitar la creatividad y la diversidad en la enseñanza y el aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede parecer limitada en términos de la variedad de habilidades cognitivas que aborda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunos han cuestionado su rigidez y falta de adaptabilidad a diferentes contextos educativos.

Tabla 2.2: Comparación de taxonomías educativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Basados en la información de la anterior tabla, se toma la decisión de utilizar la taxonomía de Bloom para la construcción de los ejes temáticos que se llevarán a cabo dentro del aplicativo, esto ya que, frente a las demás taxonomías, presenta más ventajas y menos desventajas, además su amplia documentación y su constante renovación es escalable y aplicable a las TIC.

2.2.6.1. Taxonomía de Bloom para la era digital

La propuesta que brinda la taxonomía de Bloom adaptada la era Digital por Andrew Churches es un continuo que parte de las habilidades del pensamiento de orden inferior y va hacia las habilidades del pensamiento de orden superior[46], Se categorizan en 6 elementos taxonómicos y 3 apartados ordenados ascendentemente mediante verbos, como se observa en la Figura 2.9.

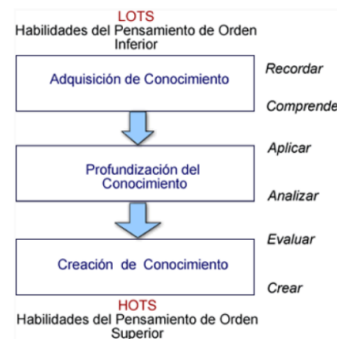


Figura 2.9: Habilidades del pensamiento.

Fuente: A. Churches "Taxonomia de Bloom para la era digital", Kristian School, 2015.

Cada uno de los elementos taxonómicos tiene verbos claves asociados a los verbos principales:

- **Recordar:** Es cuando se usa la memoria para producir definiciones y es crucial para el aprendizaje, aunque es el nivel más bajo de la taxonomía, va acompañada de verbos como: recordar, reconocer, listar, describir, identificar, denominar, localizar y encontrar.

Actividades digitales que sirven para reforzar este elemento taxonómico son: Utilizar viñetas, resaltar, marcar o favoritos, redes sociales, construcción de repositorios, buscar o "Googlear".

- **Comprender:** La comprensión construye, relaciona, une conocimientos y permite construir un significado, va acompañada de verbos como: Interpretar, resumir, inferir, parafrasear, clasificar, comprar, explicar, ejemplifica

Actividades digitales que sirven para reforzar este elemento taxonómico son: Resumir, explicar, listar, bosquejar, búsquedas booleanas, alimentar un diario blog, etiquetar.

- **Aplicar:** Es utilizar un conocimiento o procedimiento durante el desarrollo de una representación o implementación, va acompañada de verbos como: Implementar, desempeñar, usar, ejecutar, editar, compartir.

Actividades digitales que sirven para reforzar este elemento taxonómico son: Jugar, hackear, ilustrar, simular, ejecutar.

- **Analizar:** Descomponer en partes materiales o conceptuales y determinar cómo se relacionan entre sí, va acompañada de verbos como: Comparar, organizar, deconstruir, atribuir, estructurar e integrar.

Actividades digitales que sirven para reforzar este elemento taxonómico son: Encuestar. Usar bases de datos, mapas conceptuales, informar.

- **Evaluar:** Hacer juicios basándose en criterios y estándares, utilizando la comprobación y la crítica, va acompañada de verbos como: Revisar, formular hipótesis, criticar, experimentar, juzgar, probar, detectar, monitorear.

Actividades digitales que sirven para reforzar este elemento taxonómico son: Debatar, participar en paneles, informar, evaluar, investigar, opinar, concluir, trabajar en redes.

- **Crear:** Construir diferentes partes para crear un nuevo entero, va acompañado de verbos como: Diseñar, construir, planear, producir, idear, elaborar.

Actividades digitales que sirven para reforzar este elemento taxonómico son: Producir música, narrar historias, programar, moldear, dirigir, Blogging.

2.2.7. Metodología SCRUM

Esta metodología ágil permite a los desarrolladores abordar de manera segura los requisitos cambiantes de los clientes. Fomenta la colaboración en equipo, se sustenta en una retroalimentación constante entre el cliente y el equipo de desarrollo, y promueve una comunicación fluida entre todos los participantes. La elección de esta metodología se basó en la investigación detallada de diversas metodologías de desarrollo de proyectos de software, que se encuentra adjunta en el **ANEXO A: Selección de la Metodología de Proyecto**.

Capítulo 3

Diseño y desarrollo del Proyecto

3.1. Aplicación de la metodología SCRUM

Para proceder a aplicar la metodología de desarrollo, debemos delegar los roles que tendrá cada uno de los integrantes del presente proyecto

- **Desarrolladores:** Juan David Rincón y Juan Camilo Aragón (Autores)
- **Cliente:** Estudiantes del curso Introducción a MIDI de la universidad del valle
- **Product Owner:** Paulo Gutiérrez (docente de la asignatura de Introducción MIDI)
- **Scrum Master:** Carlos Andrés Delgado Saavedra (Director de trabajo de Grado)

Características que se utilizaran de la metodología SCRUM

Existen distintas características para la metodología SCRUM, es una metodología flexible y se adapta fácilmente a cualquier tipo de proyecto, ya que permite involucrar a los integrantes y hacer modificación o ajustes en la medida que este se ejecuta, estas características son:

- Planificación del Sprint.
- Ejecución del sprint con un tiempo estimado de 2 a 4 semanas
- Revisión del sprint y retroalimentación de los resultados.
- Tickets visuales.
- Priorizar correcciones y tareas de sprints pendientes.

Algunas de las herramientas que se utilizan para la gestión del proyecto y que se adaptan a la metodología SCRUM, son:

- **Jira Software:** Este es un software web para la administración de proyectos que permite llevar un control de las tareas y los sprints, asignarlos a cada integrante responsable del ticket, cuenta con una plantilla personalizable para la implementación de un proyecto SCRUM.
- **Slack:** Software que permite la comunicación del equipo.
- **GitHub:** Es un repositorio web, que permite alojar el código del presente proyecto, a su vez permite la creación de ramas y control de las versiones.
- **Balsamiq:** Balsamiq 4.6.1 ofrece una versión de prueba por un mes, es una herramienta de diseño de interfaces de usuario que permite crear bocetos y wireframes de manera rápida y sencilla. Ayuda a los equipos de diseño y desarrollo a visualizar y comunicar ideas de diseño de manera efectiva.

Pila de sprints

Según el cronograma de actividad que se realizó para la estimación de tiempos del proyecto, surgen los sprints que se presentan en la Tabla 3.1

N°	Backlog ID	Tarea	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Requerimientos	Reunión con profesores	01/05/2023	06/05/2023
		Investigación sobre la síntesis de audio	08/05/2023	20/05/2023
		Investigar metodologías de aprendizaje TIC	22/05/2023	27/05/2023
2	OVAS	Temario y estructura para los OVAS	29/05/2023	03/06/2023
		Mockups de los OVAS	05/06/2023	17/06/2023
		Creación de los OVAS	19/06/2023	01/07/2023
3	LMS	Investigación sobre los LMS	03/07/2023	08/07/2023
		Selección/instalación del LMS adecuado	10/07/2023	15/07/2023
		Adaptación de los OVAS al entorno LMS	17/07/2023	29/07/2023
4	Desarrollo	Investigación síntesis en la web	31/07/2023	05/08/2023
		Codificación/desarrollo síntesis de audio	07/08/2023	19/08/2023
		Integración del desarrollo a los OVAS	21/08/2023	31/08/2023
5	Pruebas	Pruebas/correcciones del LMS	04/09/2023	09/09/2023
		Implementación de los OVAS en el curso	11/09/2023	23/09/2023
		Análisis de los resultados	25/09/2023	30/09/2023

Tabla 3.1: Tabla de Sprint Backlog

Fuente: Elaboración propia

3.2. Acerca del Proyecto

El presente proyecto es un prototipo e-learning, adherido a los estándares SCORM. Su propósito principal radica en proporcionar una valiosa herramienta educativa basada en los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) desarrollados por la DINTEV (Dirección de Nuevas Tecnologías y Educación Virtual) de la universidad del valle. Cada uno de estos OVA ha sido meticulosamente diseñado, siguiendo la taxonomía de Bloom para la era digital, con el fin garantizar una experiencia de aprendizaje efectiva. En este contexto, el proyecto se enfoca en la transmisión de conceptos fundamentales en el ámbito del diseño de sonido y ha sido nombrado "Conagon Synth", Los detalles adicionales sobre este enfoque se explicarán con mayor profundidad en el siguiente sección.

El proyecto se compone de siete OVA, donde cada OVA se considera como un módulo autónomo. Cada uno de estos módulos se estructura en cinco secciones distintas. La primera sección introduce el tema en cuestión, la segunda se dedica a la explicación de los conceptos fundamentales relacionados con dicho tema, la tercera ofrece un vídeo complementario para enriquecer la comprensión, la cuarta incluye un componente interactivo diseñado para poner en práctica los conocimientos adquiridos, y la quinta sección resume los conceptos esenciales abordados en el OVA. Por último, cada módulo cuenta con una sexta sección que consta de un cuestionario destinado a comprobar la adquisición de conocimientos por parte del usuario. Además, al concluir los módulos, se incorpora un módulo adicional que integra todos los componentes interactivos previamente mencionados en un sintetizador de audio virtual único, brindando al usuario la oportunidad de aplicar los conocimientos básicos de manera integrada.

Además en el contexto de este proyecto, la comprensión integral de los conceptos, componentes y características fundamentales de un sintetizador de sonido es de vital importancia. A pesar de la diversidad de técnicas de síntesis de sonido disponibles en el campo, es esencial destacar que no existe una lista definitiva de componentes estándar, ya que cada fabricante adapta sus sintetizadores en función de las técnicas específicas que deseen emplear. Sin embargo, el libro "Refining Sound" de Shepard [16], proporciona una guía completa de los componentes relevantes para cada enfoque, respaldando la selección de los elementos que se describirán a continuación como fundamentales para la comprensión de los principios básicos del sonido y la aplicación efectiva de las técnicas de síntesis aditiva y sustractiva. Es importante destacar que estos componentes también han sido validados por el experto asesor en el tema, el Profesor Paulo Gutiérrez, cuya elección del libro "MIDI for Musicians" de Craig Anderton como material de referencia en su enseñanza confirma la idoneidad de los temas presentados en el módulo de aprendizaje para una introducción sólida al mundo de la síntesis de sonido. Esta validación tanto a nivel teórico como práctico refuerza la pertinencia de incluir estos componentes en el estudio y aplicación de las técnicas de síntesis de sonido en el marco de esta tesis.

- **Osciladores:** Dos osciladores con la opción de cambiar de forma de onda, amplitud y tono: Basados en el marco teórico en el apartado del Sonido, donde se define qué es el sonido, se habla de que la música nace del sonido y el sonido es una pequeña alteración de la presión atmosférica producida por oscilación de partículas, a través de las cuales se transmite longitudinalmente una onda sonora[14] y para poder generar esta oscilación requerimos de un oscilador, que se encargue de generar una onda sonora, ya sea senoidal, cuadrada, triangular o dientes de sierra.

La suma de dos números positivos produce un valor positivo mayor, la combinación de dos ondas que se encuentran en la fase de compresión (positiva) produce una compresión de mayor magnitud, obteniendo así la síntesis aditiva. En el momento en que los sonidos llegan a nuestros tímpanos o micrófonos, la energía de todo el número infinito de fuentes de sonido se ha combinado para producir una sola onda compleja.

- **Teclado:** Un teclado de computador (simulará las octavas de un piano en la pantalla) que activará los eventos en código al presionar una tecla por medio del protocolo MIDI, estos eventos reproducen el sonido de los osciladores, permitiendo tocar las diferentes notas musicales a través del protocolo MIDI. Así podrá generar los sonidos a una frecuencia determinada y alcanzar los rangos sonoros de las distintas notas musicales, basados en la definición del tono, amplitud y frecuencia, como se explica en el marco teórico.
- **Un envolvente de amplitud:** Permite dar forma a los sonidos del oscilador de un sintetizador para que tengan un principio, un medio y un final. Los generadores de envolvente de amplitud crean la articulación de un sonido, permitiéndole sustraer armónicos o moldear el sonido utilizando los componentes típicos de un generador de envolvente (ADSR), obteniendo así síntesis sustractiva.

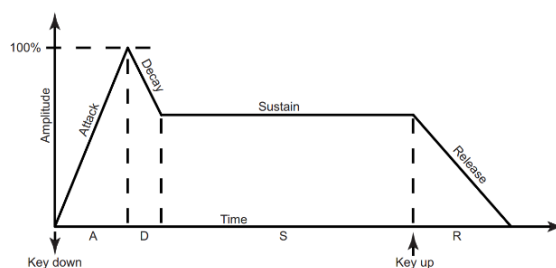


Figura 3.1: Las cuatro etapas de un envolvente de amplitud ADSR, Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la Figura 3.1, un filtro de envolvente tiene 4 propiedades:

- **Attack:** La cantidad de tiempo que tarda el sonido en pasar del silencio a la amplitud total cuando se pulsa la tecla del sintetizador, normalmente expresada

en milisegundos o segundos.

- **Decay:** La cantidad de tiempo que tarda el sonido en pasar de la amplitud total a la amplitud del nivel de sustain, normalmente expresada en milisegundos o segundos.
- **Sustain:** El nivel al que se mantiene el sonido mientras se mantiene pulsada la tecla del sintetizador, normalmente expresado como un porcentaje de la amplitud total, o como un nivel de audio en dB.
- **Release:** La cantidad de tiempo que tarda el sonido en desaparecer completamente después de soltar la tecla del sintetizador, normalmente expresado en milisegundos o segundos.
- **Filtros de audio:** Permiten dar forma al carácter y la textura del sonido generado, controlando qué frecuencias pasan y cuáles se atenúan. Esto es fundamental para la síntesis sonora y permite crear una amplia variedad de sonidos, desde cálidos y suaves hasta brillantes y estridentes:
 - **High pass:** Los filtros paso alto dejan pasar las frecuencias por encima del punto de corte y atenúan las frecuencias por debajo de este punto.
 - **Low pass:** Los filtros de paso bajo permiten que las frecuencias por debajo del punto de corte pasen y atenuando las frecuencias por encima.
- **Efectos:** Un procesador de efectos es el enlace final de la síntesis de sonido, después de que los osciladores se encarguen de generar el sonido, y a su vez haya pasado por los otros componentes, a esta señal se le pueden agregar efectos como reverberación y delay.[16] En el presente proyecto estos efectos serán controlados por sliders.
 - **Delay:** El Delay hace una copia de la señal original y emite la copia en un momento posterior, mezclándola de vuelta con la señal original. Cambiar la cantidad de tiempo que la señal se retrasa antes de ser mezclada con el original produce una amplia gama de resultados. Por lo tanto, los retrasos a menudo se clasifican por la duración del tiempo, como largo, medio y corto.
- **Volumen balanceador:** Encargado de nivelar el volumen que se genera entre la combinación del oscilador 1 y el oscilador 2, por medio de un slider.
- **Volumen master:** Este se encarga de subir o bajar el volumen de la onda final, controlado por un slider.
- **Sliders:** Son los que permiten modificar los parámetros de las propiedades de un componente de audio.

A continuación, el **ANEXO D: “Formato de Microcurrículo”** del curso titulado “Introducción a MIDI” se proporciona como una confirmación de que uno de los objetivos de

aprendizaje del curso es comprender los procesos de comunicación entre el sistema informático y el hardware musical externo. En el contenido diseñado para alcanzar este objetivo, se incluye una sección dedicada a los sintetizadores de audio. Este material fue proporcionado por el profesor Paulo Gutierrez.

Lo que se mencionó en la subsección 3.2 ayuda a alcanzar el objetivo específico 1: la definición de los conceptos, componentes y características de un sintetizador de sonido.

3.3. Metodología de Aprendizaje

Una vez escogidos los componentes básicos para un sintetizador de audio, es de suma importancia el apoyarse en metodologías que permitan explicar los conceptos teóricos mencionados anteriormente de manera detallada y también que permita evaluar que estos conocimientos están siendo adquiridos por el usuario final. Y para esto en el presente proyecto utilizará la taxonomía de Bloom para la era digital [46]. Es importante también estructurar la forma en que estos conocimientos van a ser presentados, teniendo en cuenta que el objetivo principal del proyecto es abordar una pedagogía didáctica, por ello, se utilizará como guía la metodología para el diseño de OVA de la DINTEV (Dirección de Nuevas Tecnologías y Educación Virtual, de la Universidad del Valle) titulado Diseño de Objetos de Aprendizaje de la Universidad del Valle.[37]

3.4. Aplicación del diseño de OVA al Proyecto

En esta etapa se detalla la aplicación de la metodología de diseño de los OVA, con el propósito de construir los contenidos y diseños para cada módulo de aprendizaje de síntesis de sonido.

3.4.1. Fase 1. Formulación y planificación

Problema

La dificultad para lograr un aprendizaje efectivo de las síntesis de audio en el curso de "Introducción a MIDI" de la escuela de música de la Universidad del Valle, sede Buga, es un problema que se ha identificado durante las reuniones con el profesor Paulo Gutiérrez. El plantea que en las sedes regionales, la falta de recursos de hardware y material didáctico se ha convertido en una realidad evidente. Esto contrasta con la sede Meléndez de la misma universidad del valle pero en Cali, donde los estudiantes disponen de un espacio en el piso informático equipado con 8 computadoras iMac de 27 pulgadas, junto con software de renombre como Pro Tools y Pure Data, especializados en diseño y síntesis de sonido, además de 10 teclados MIDI M-AUDI 61.

Debido a la disparidad de recursos y material didáctico entre sedes, el profesor Paulo Gutiérrez y los estudiantes en la sede de Buga enfrentan desafíos. Actualmente, utilizan un laboratorio de sonido con un solo computador y un dispositivo MIDI. Los estudiantes deben traer sus propias computadoras con la capacidad adecuada para el software de sonido o compartir el equipo disponible. Esto dificulta la dinámica de la clase y limita la práctica en casa si sus computadoras no cumplen con los requisitos del software.

Solución

Diseñar y desarrollar un prototipo de sintetizador de audio web, de la mano con siete OVA interactivos para apoyar y reforzar a los estudiantes en el aprendizaje de los conceptos fundamentales de síntesis de sonido.

Objetivo General

Diseñar Objetos Virtuales de Aprendizaje que de forma dinámica permitan a los estudiantes repasar los siguientes temas.

- Introducción a la síntesis de sonido
- El sonido
- Formas de onda
- Osciladores (Síntesis aditiva)
- Envolventes de amplitud
- Filtros (Síntesis sustractiva)
- Efectos

Requerimientos Funcionales

Descripción de la columna categoría:

- **Evidente:** Funciones que debe tener la herramienta, es visible para el usuario.
- **Oculto:** Funciones que realiza internamente, no es visible para el usuario.

Requerimientos Funcionales		
Ref. #	Descripción	Categoría
RF-001	Definir el contenido de cada OVA según el tema de evaluación	Evidente
RF-002	Estructurar el contenido para cada OVA según el modulo de aprendizaje	Evidente
RF-003	Interacción del usuario con los ejercicios de cada OVA	Evidente
RF-004	Permitir al usuario repetir cualquier actividad de los OVA	Evidente
RF-005	Mostrar mensajes de desempeño al realiza los ejercicios	Evidente

Tabla 3.2: Tabla de Requerimientos Funcionales

Fuente: Elaboración propia

Requerimientos No Funcionales

Requerimientos No Funcionales		
Ref. #	Descripción	Categoría
RF-001	Desarrollar los OVA con html, javascript, CSS y WEP Audio API	Oculto
RF-002	Cumplir con estándares SCORM en la realización de OVA	Oculto
RF-003	Compatibilidad de OVA con un LMS	Oculto
RF-004	Proporcionar la interactividad en el LMS	Evidente
RF-005	Incluir imágenes y colores que complementen la información	Evidente

Tabla 3.3: Tabla de Requerimientos No Funcionales

Fuente: Elaboración propia

Usuarios y roles en el sistema

Para ingresar al aplicativo web debe estar registrado, y todos los usuarios deben tener asignado un rol, estos roles gestionan los privilegios dentro del sistema.

Rol	Descripción
Administrador	Rol con todos los privilegios sobre el sistema.
Profesor	Rol para crear cursos y llevar algunas actividades admin sobre estudiantes
Estudiante	Rol para explorar y realizar actividades del curso

Tabla 3.4: Tabla roles del sistema
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.4 se detalla una descripción de cada uno de los roles dentro del sistema.

Diagramas de casos de uso

El diagrama del caso de uso para del rol profesor se observa en la figura 3.2 y el diagrama para el rol de estudiante se observa en la figura 3.3

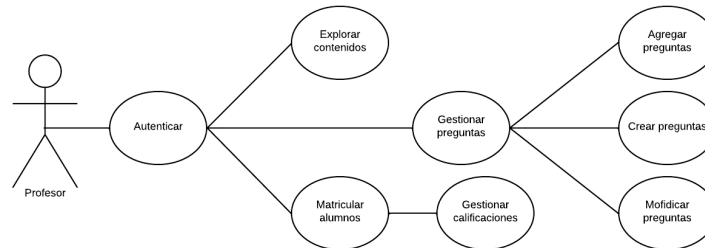


Figura 3.2: Diagrama de casos de uso del Profesor. Elaboración propia

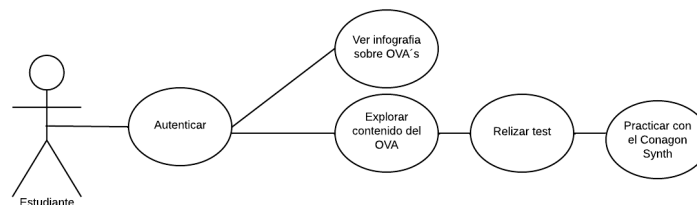


Figura 3.3: Diagrama de casos de uso del Estudiante. Elaboración propia

3.4.2. Fase 2. Análisis

Público objetivo

Estudiantes de Licenciatura en Música de la Universidad del Valle sede Buga que cursan la asignatura Introducción a MIDI.

Enfoque pedagógico

En el ámbito de la educación, los enfoques pedagógicos desempeñan un papel fundamental en la manera en que se diseñan y desarrollan los procesos de enseñanza y aprendizaje. Tres de los enfoques más destacados, como se mencionaba anteriormente, son el conductista, el cognitivista y el constructivista, cada uno con sus propias teorías y estrategias educativas. A continuación se muestra una tabla comparativa de los tres enfoques pedagógicos y la forma en que se pueden aplicar a los OVA:

Enfoque Pedagógico	Descripción	Aplicación en OVA
Conductista [47]	Se basa en el estímulo-respuesta y cambios observables en el comportamiento del estudiante. Los principios conductistas enfatizan la repetición y el refuerzo de estímulos para adquirir habilidades.	Los OVA permiten crear ejercicios interactivos y actividades con feedback inmediato, facilitando el aprendizaje autónomo y eficiente.
Cognitivista [47]	Se enfoca en los procesos mentales internos del estudiante, como la percepción, la memoria y la resolución de problemas. El aprendizaje se concibe como un proceso activo de construcción del conocimiento a partir de experiencias previas y nueva información.	Los OVA pueden aprovecharse para diseñar entornos virtuales que promuevan la exploración y el pensamiento crítico mediante recursos variados como vídeos, simulaciones, prototipos y actividades interactivas.
Constructivista [48]	Destaca que los estudiantes son constructores activos de su propio conocimiento mediante la interacción con el entorno y otros individuos. El aprendizaje es un proceso social y colaborativo, donde se construyen significados a través de la resolución de problemas y reflexión.	Los OVA pueden facilitar el enfoque constructivista al ofrecer actividades colaborativas, como foros de discusión y trabajos en grupo, que fomenten la construcción colectiva del conocimiento.

Tabla 3.5: Comparativa de enfoques pedagógicos y su aplicación en OVA. **Fuente:** Elaboración propia.

Con base en la tabla anterior y para la elección del enfoque pedagógico más adecuado, se tuvo en cuenta la metodología utilizada por el profesor para impartir la clase la cual se define en el micro currículo del curso como "Teorico-practicas", es decir la teoría la aplican con ejercicios prácticos para desarrollar habilidades en el uso de herramientas para el diseño de sonido, lo que nos indica que su enfoque pedagógico es el cognitivista.

En este orden de ideas los OVA, deben presentar conceptos y contenidos de manera interactiva, que tengan la capacidad de proporcionar un feedback inmediato para que el estudiante pueda construir conocimientos y apropiarse de los mismos. A demás, las interacciones con el docente se transforman en diálogos sobre cómo cada estudiante ha comprendido los contenidos, y estos son corregidos o reafirmados. Como resultado, el conductista y cognitivista son los enfoques más adecuado para los OVA.

Para constatar y sacar el máximo provecho del enfoque pedagógico, se plantean unos indicadores de evaluación basados en la Taxonomía de Bloom para la era digital, estos indicadores son la acción, el contenido, nivel de exigencia y contexto.

- **Acción(Verbo):** Iniciar con un verbo operativo, que sea observable, cuantificable y ejecutable, preferiblemente se utilizan verbos del nivel tres y seis de la taxonomía de B. Bloom actualizada.
- **Contenido:** Definir el contenido, tema, materia y aspecto en el cual se desarrolla la acción del verbo.
- **Criterio:** Definir la calidad o nivel de exigencia en la que el verbo operativo debe ser ejecutado
- **Condición:** Describe el contexto en el que se espera la acción, ya sea frente a la clase, en equipo, individual, en casa, etc.

A continuación se presenta una tabla guía que permite redactar los indicadores de evaluación según un enfoque pedagógico que será de gran utilidad para valorar los conocimientos que adquiere el usuario a través de los distintos OVA del prototipo web:

Verbo operativo	Contenido	Nivel de exigencia	Contexto
Definir	Información recopilada de la guía práctica Refining Sound y Acústica: la ciencia del sonido de Ana Maria Jaramillo y la Guía práctica para la síntesis de audio de Brian K. Shepard	Recuerda y entiende conceptos	En los OVA

Verbo operativo	Contenido	Nivel de exigencia	Contexto
Distinguir	Información recopilada de la guía práctica Refining Sound y Acústica: la ciencia del sonido de Ana Maria Jaramillo y la Guía práctica para la síntesis de audio de Brian K. Shepard	Precisión y seguridad	En los OVA
Utilizar	Información suministrada a través del módulo de aprendizaje	Manipula y experimenta	En los OVA
Identificar	Información suministrada a través del módulo de aprendizaje	Discrimina, decide y selecciona	En los OVA
Evaluar	Pruebas incorporadas en el módulo de aprendizaje	Elige y valida	En los OVA
Diseñar	Jugar en el sintetizador web	Modifica, crea y produce sonidos	En los OVA

Tabla 3.6: Guía de indicadores de evaluación según enfoque pedagógico. Fuente: Elaboración propia

Los anteriores indicadores de evaluación serán tenidos en cuenta en la elaboración de cada uno de los OVA, lo cual permite tener claridad al momento de desarrollar los temas y calificar al estudiante.

Objetivos

Se establece un objetivo principal por cada OVA y también se describe cada elemento taxonómico según lo requerido para cumplir el objetivo, se inicia la descripción con verbo tal cual como lo indica la taxonomía de Bloom para la era digital. A continuación se mencionan los objetivos pertenecientes al segundo OVA, El Sonido:

OVA El Sonido: comprender los conceptos básicos y propiedades que conforman el sonido.

- **Conocer:** Leer la definición y descripción de las propiedades que componen el sonido, tales como el periodo, la amplitud, la frecuencia y el timbre.
- **Comprender:** Interpretar las propiedades que componen el sonido.

- **Aplicar:** Manipular la amplitud y frecuencia de un sonido, permitiendo interactuar con las propiedades del mismo.
- **Analizar:** Inferir por medios sonoros y visuales la causal del porqué el sonido adquiere ciertas características y cualidades.
- **Evaluar:** Seleccionar las respuestas correctas que se hace al final del OVA sobre el sonido y sus propiedades.
- **Crear:** Combinar las distintas propiedades del sonido para modificar la onda y el sonido inicial.

Se detalla la información de cada uno de los objetivos de los OVA en el **ANEXO B: Objetivo de cada ova bajo la taxonomía de Bloom en la era digital y diagrama de navegación**.

Modelo de evaluación

Los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) son una herramienta colaborativa que ofrece conceptos y contenidos directamente relacionados con el rendimiento cognitivo de los estudiantes. El profesor Paulo Gutiérrez sugiere utilizar los OVA como un recurso de apoyo en el proceso de enseñanza del curso “Introducción a MIDI”. Por lo tanto, el modelo de evaluación utilizado para el curso se define de la Figura 3.4:

Quices	10%
Primera entrega	20%
Segunda entrega	20%
Tercera entrega	20%
Entrega Final	30%
Total	100%

Figura 3.4: Evaluación del curso Introducción a MIDI, extraída del Microcurrículum del curso

- Cada OVA consta de un test que se califica en una escala del 0 al 100 %.
- La finalización exitosa de toda la serie de OVA tendrá un impacto del 5 % en total de la nota de quices dentro del curso.
- La evaluación del desempeño personal y social de cada estudiante se llevará a cabo de manera independiente y tradicional en el aula de clase, y no se verá afectada por los OVA

Actividades de aprendizaje

Se desarrollarán actividades de aprendizaje centradas en ejercicios prácticos, preguntas de selección múltiple, la asociación de términos y habilidades de escucha e interpretación. Estas actividades tienen como objetivo ayudar al estudiante a reforzar y consolidar los conceptos adquiridos.

Medios de comunicación

Los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) estarán compuestos por texto, vídeos, imágenes y componentes de un sintetizador.

3.4.3. Fase 3. Ingeniería

3.4.3.1. Desarrollo de contenidos

En el desarrollo de las interfaces de usuario cada OVA sigue una estructura coherente y consistente que consta de una explicación detallada del concepto, reforzada por un vídeo. Además, se incluye un apartado práctico para aplicar los conocimientos de manera interactiva, y se realiza una evaluación para comprobar y consolidar el aprendizaje adquirido.

Para el diseño básico de los OVA se tuvo en cuenta criterios como que las paginas suelen estar divididas en tres partes: el cuerpo, que es en donde se almacena el contenido, un titulo, donde se presenta el nombre del contenido y por otro lado un apartado de navegación, para interactuar entre elementos del mismo OVA. Como se muestra en la Figura 3.5, que es el diseño básico de un OVA.

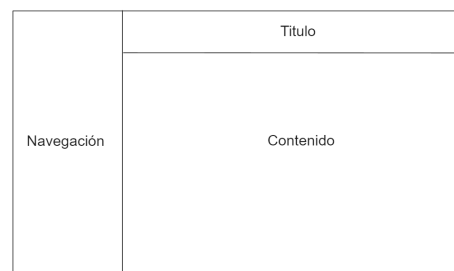


Figura 3.5: Diseño básico de los OVA y la organización de los elementos, Fuente: Elaboración Propia.

La taxonomía de Bloom guía la construcción de contenidos al proporcionar una estructura clara y jerarquizada para los objetivos de aprendizaje. Clasifica los objetivos en diferentes niveles de complejidad, permitiendo adaptar los contenidos a las necesidades de los estudiantes, impulsando el desarrollo de habilidades cognitivas y la comprensión profunda de los conceptos.

Se ha elegido seguir el estándar SCORM para el metadato, lo que garantiza la interoperabilidad y compatibilidad con diversos entornos de aprendizaje. SCORM establece especificaciones que permiten que los OVA sean reutilizables, compartibles y compatibles con diferentes sistemas de gestión del aprendizaje, asegurando una experiencia de aprendizaje consistente y efectiva en el campo de la síntesis de sonido.

3.4.3.2. Diseño gráfico y computacional de los OVA

■ Diagramas de navegación

La estrategia de navegación adoptada en el aplicativo es un equilibrio entre navegación jerárquica y libre, diseñada para enriquecer la experiencia de aprendizaje. Cada uno de los 7 OVA, creados mediante eXeLearning y empaquetados en formato SCORM, se integrará en el Campus virtual de la universidad del valle, plataforma LMS Moodle a utilizar. Los usuarios avanzarán a través de los recursos disponibles en el campus virtual, podrán desbloquear el siguiente OVA, después de completar al menos el 70 % del test del OVA en el que se encuentre, siguiendo la Taxonomía de Bloom para la era digital y garantizando la progresión gradual desde la asimilación hasta la evaluación.

Dentro de cada OVA, los estudiantes tendrán la libertad de navegar por el contenido a su propio ritmo, lo que permitirá un enfoque personalizado y auto dirigido en su aprendizaje. Las pruebas asociados a cada OVA podrán ser repetidos ilimitadamente para lograr el puntaje requerido y desbloquear el siguiente OVA. La navegación libre también posibilitará revistar y reforzar la comprensión del contenido.

En conjunto, esta combinación de navegaciones guía a los estudiantes a través de la adquisición de conocimientos, según la Taxonomía de Bloom y a su vez, brinda flexibilidad y autonomía para explorar y consolidar el aprendizaje de manera libre, partiendo de la idea de que el aprendizaje es un proceso activo donde los estudiantes deben estar involucrados y tener el control sobre su experiencia de aprendizaje[49], a continuación se muestra gráficamente como son las etapas de navegación tanto al momento de ingresar al LMS, como cuando se aborda el contenido de un OVA, y se describe a qué tipo navegación corresponde.

En primer lugar, se muestra un ejemplo de navegación jerárquica diseñada para acceder al LMS Moodle y al curso correspondiente, donde los contenidos de aprendizaje están configurados para ser explorados de manera guiada, como se ilustra a continuación:

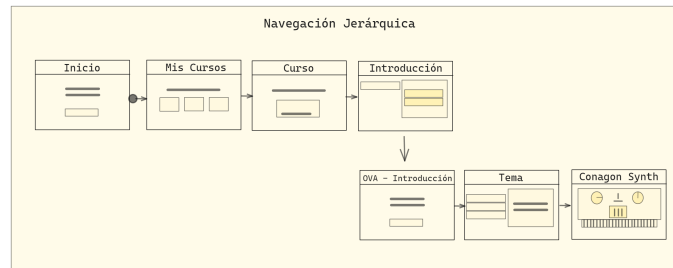


Figura 3.6: Diagrama de navegación, ingreso al LMS Moodle: Campus Virtual Universidad del Valle, Fuente: Elaboración Propia.

Tras observar el OVA titulado “Introducción”, el estudiante procederá a navegar a la siguiente sección o módulo del tema; “El Sonido”, y así consecutivamente hasta el ultimo de los temas. Cada uno de estos mantendrá una estructura similar, que será conducida por medio de una navegación jerárquica. Esto significa que, para acceder a la prueba de conocimientos, será necesario completar el OVA del tema correspondiente, tal como se ilustra en el siguiente ejemplo:

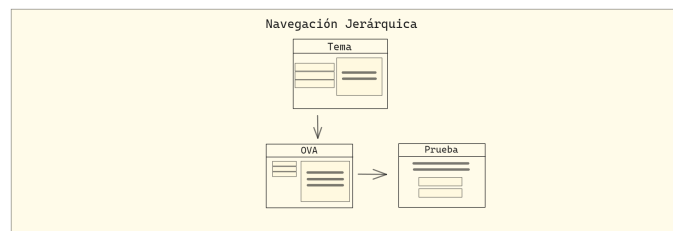


Figura 3.7: Diagrama de navegación en cada tema, ejemplo ingresando a “El Sonido”, Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se presenta una figura que ilustra la navegación libre disponible para los estudiantes una vez que ingresen al OVA. Cabe destacar que esta navegación libre estará disponible en cada OVA, proporcionando a los estudiantes la flexibilidad para explorar el contenido de manera autónoma.

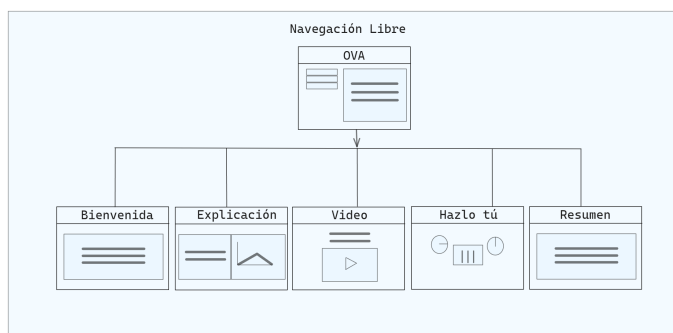


Figura 3.8: Diagrama de navegación en cada OVA, ejemplo ingresando a “OVA -El Sonido”, Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en las figuras anteriores, el primer paso será ingresar al Moodle con usuario y contraseña, que corresponde al proporcionado por la Universidad del Valle, después de autenticado, puede ingresar al curso de síntesis de sonido que estará habilitado para los estudiantes inscritos en el curso, al ingresar podrá ver los temas que serán los OVA y dentro de cada tema se puede ver el contenido y la prueba del OVA, al entrar al OVA podrá ver las secciones: Introducción, explicación, vídeo y “hazlo tú”. Luego podrá realizar la prueba de conocimiento sobre lo aprendido del tema.

A continuación, se detallan el ingreso a las secciones que componen estos OVA, en este caso tomando como ejemplo a “El Sonido”. Cada sección tiene un propósito específico para garantizar una comprensión profunda del concepto del tema. Desde la exploración de conceptos fundamentales hasta la interacción práctica y la evaluación de conocimientos, para ello el estudiante podrá:

1. Ingresar al OVA; “El Sonido”.
2. **Explicación concepto sonido:** En esta sección recibirá información detallada de los conceptos y propiedades del sonido.
3. **Vídeo:** Se enlaza un vídeo de la web, que permita al estudiante de manera audiovisual comprender mas detalladamente los conceptos del sonido.
4. **Hazlo tú:** En esta sección el estudiante podrá interactuar de manera didáctica con componentes de un sintetizador web, que le permitan de manera manual modificar las distintas propiedades del sonido y ver de manera gráfica como afecta a una onda estas alteraciones.
5. **Resumen** En esta sección se describe un breve resumen del tema visto en el OVA y las ideas mas relevantes del mismo.

6. **Prueba:** Se realizara un pequeño test de máximo 4 o 5 preguntas, para validar si la información suministrada ha sido interiorizada por el estudiante, en cualquier momento el estudiante puede devolverse al contenido del ova y no contara con un tiempo definido ni intentos limitados para resolver el test.

Se detallan los diagramas de navegación de cada uno de los OVA en el **ANEXO B: Objetivo de cada ova bajo la taxonomía de Bloom en la era digital y diagrama de navegación.**

■ Colores

Los OVA fueron diseñados utilizando una paleta de colores compuesta por azul, negro y blanco. Según M. Acuña y la psicología de los colores de Heller Eva, el azul desempeña el papel de estabilizador, creando sensaciones de paz, confianza y calma. Además, se encuentra entre los colores asociados con el aprendizaje de temas de mayor grado de dificultad debido a su relación con la mente. [50] Por su parte, el negro puede evocar una sensación de minimalismo y austeridad, en conjunto con el blanco, que resulta útil para dirigir la atención del usuario hacia el contenido central, ofrecen una experiencia visual armoniosa y enriquecedora para el proceso de aprendizaje.

■ Imágenes

Para los OVA se utilizaron imágenes de tipo ilustrativas, explicativas y descriptivas, que permiten complementar un texto, ampliar y reforzar la definición de los conceptos.

Asimismo, se hizo uso de imágenes decorativas siguiendo el estilo característico de un sintetizador de sonido, con el propósito de enriquecer la presentación gráfica de los conceptos abordados en cada OVA.

■ Diseño

La disposición de la ventana resulta familiar y común para los usuarios, resaltando los títulos de las secciones con un formato atractivo y de mayor tamaño. Los colores se utilizan estratégicamente para crear divisiones visibles entre las secciones. El menú en la parte izquierda sigue una convención habitual en la web para páginas con información breve y concisa, permitiendo que la información relevante ocupe la mayor parte del espacio visible.

■ Texto

- **Interlineado:** A un espacio.
- **Párrafos:** Medianos, debido a la densidad de la información.
- **Estilo:** Mayúsculas y minúsculas, con variaciones tipográficas como: **negrilla**.

- **Movimientos:** Pantallas estáticas, con velocidad de navegación controlada por el usuario.
- **Estructura del contenido:** Se identifican claramente títulos, subtítulos e hipervínculos
- **Fuente tipográfica**
 - Arial y sans-serif
 - **Tamaño:** El tamaño fue definido en “pt” que representa los puntos tipográficos que aproximadamente son 1.3333 pixeles dependiendo la resolución de la pantalla:
 - 19pt para el título principal.
 - 18pt para subtítulos.
 - 14pt para el texto de contenido.

Lo que se mencionó en las subsecciones 3.4.1, 3.4.2 y 3.4.3 ayuda a alcanzar el objetivo específico 2: El desarrollo de los contenidos temáticos para el aprendizaje de diseño de sonido.

3.4.4. Fase 4. Generación de páginas y pruebas

3.4.4.1. Mockups

Mediante el uso de Mockups o maquetas realizadas en Balsamiq 4.6.1, se busca crear un borrador inicial de la interfaz y la navegación de la aplicación, representando las distintas secciones y vistas que forman parte de ella. Esta visualización ofrece una perspectiva más concreta del proceso, facilitando la división de tareas, la detección de posibles errores en el diseño, y permitiendo la incorporación de cambios de manera sencilla. Asimismo, se puede evaluar el impacto de estos cambios en el resto de la aplicación y su funcionamiento.

Balsamiq 4.6.1 que ofrece una versión de prueba por un mes, que es una herramienta de diseño de interfaces de usuario que permite crear bocetos y wireframes de manera rápida y sencilla. Ayuda a los equipos de diseño y desarrollo a visualizar y comunicar ideas de diseño de manera efectiva.

Por ello, se muestra a continuación se muestra la figura 3.9 que corresponde al mockup de la OVA: El Sonido. Para obtener los mockups adecuados a los demás OVA, consulte el **ANEXO C: Mockups de los ova.**

- **Mockup OVA: El sonido. Modulo de explicación.**

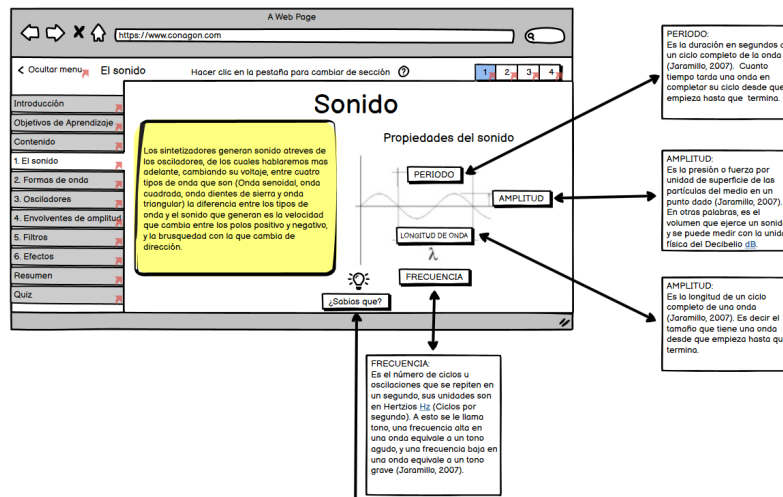


Figura 3.9: OVA "El sonido", modulo "Explicación". Elaboración Propia.

Una vez que los mockups han sido creados, se avanza hacia la elaboración de los prototipos de los OVA siguiendo el esquema previamente definido por las maquetaciones. Es crucial realizar estos diseños preliminares antes de entrar en la fase de desarrollo, más no son una camisa de fuerza que impidan el agregar, modificar o quitar algún elemento en el desarrollo de los prototipos.

3.4.4.2. Prototipos

A continuación, en la figura 3.10 se detalla el prototipo final del mockup que se presentó en la sección anterior para el OVA "El sonido". En este caso, para empaquetar y exportar el contenido SCORM se utiliza el software eXeLearning 2.8. Este programa ofrece diversas herramientas para la estructuración de las vistas web en el proyecto como se explico en el marco teórico y es uno de los que recomienda la dintev para el desarrollo de OVA [51]. Para acceder a los prototipos finales de cada OVA se encuentran en el **ANEXO B: Objetivo de cada ova bajo la taxonomía de Bloom en la era digital y diagrama de navegación.**

Interfaz OVA El sonido. Modulo de Explicación.

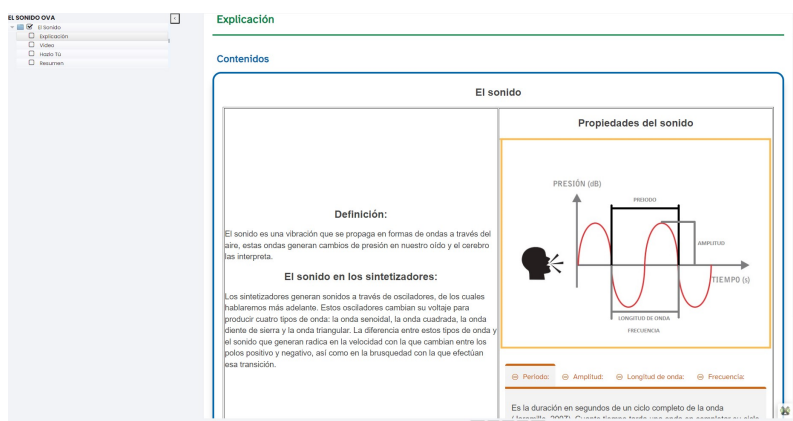


Figura 3.10: Prototipo OVA El sonido, Explicación. Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de llevar a cabo el módulo de test para los OVA, se ha tomado la decisión de implementarlo directamente en el LMS Moodle del campus virtual de Univalle. Esta elección fue realizada en colaboración con el director, Carlos Andrés Delgado, con el propósito de permitir que las calificaciones de los estudiantes en cada módulo se registren en el mismo sistema. Esto brindará al profesor Paulo Gutiérrez un mayor control sobre las calificaciones y a los estudiantes les proporcionará una vista clara de su desempeño académico, mas adelante se discute sobre porque se utilizara de LMS Moodle campus virtual Univalle y como se implementó el proyecto SCORM dentro del mismo.

Estandar SCORM: Para exportar el paquete SCORM tenemos dos estandares que cumplen con las normas para el intercambio de material de enseñanza en otros sistemas de aprendizaje en linea, en este caso el SCORM 1.2 y el SCORM 2004. SCORM 1.2 es más adecuado para contenidos educativos simples y lineales, mientras que SCORM 2004 es más versátil y adecuado para contenidos educativos complejos y actividades de aprendizaje interactivas [39].

Para conocer el paso a paso de la configuración, elaboración de los OVA, empaquetado y exportación del recurso SCORM en exelearning, puede acceder al **ANEXO E: Instalación e implementación de moodle y empaquetador scorm exelearning**

3.4.4.3. Implementación del sistema de aprendizaje (LMS)

Actualmente abundan numerosos recursos en formato Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA). Estos recursos tienen la capacidad de ser reutilizados y compartidos eficientemente gracias a la tecnología web, específicamente a través de plataformas educativas llamadas Sistemas Gestores de Aprendizaje (LMS). Esta tecnología permite la flexibilidad de aprender

en cualquier momento y lugar [40]. Como se ha mencionado anteriormente, se ha tomado la decisión de implementar los OVA en el LMS Moodle, a continuación exploraremos las razones que llevaron a la elección de Moodle como el sistema de gestión del aprendizaje.

En primer lugar, la elección de Moodle se basa en la consideración del público al que va dirigido. Todos los estudiantes de la universidad ya cuentan con una cuenta creada en este campus virtual como parte de su matrícula. Esto crea una ventaja significativa, ya que elimina la barrera de la familiarización con una nueva plataforma y reduce la curva de aprendizaje en cuanto al manejo de la misma, permitiendo un enfoque más eficiente en los objetivos de los módulos de aprendizaje.

Además, el uso de Moodle está respaldado por el micro currículo de la asignatura, el cual hace referencia explícita a que esta plataforma se usara para la coordinación de las actividades del curso, como se muestra en el **ANEXO D: Micro currículo de la asignatura**. Esta sincronización entre el plan de estudios y la elección del LMS garantiza una coherencia educativa sólida, alineando las expectativas de los estudiantes con las herramientas y recursos disponibles en Moodle, facilitando así la implementación y garantizando un entorno de aprendizaje óptimo.

3.4.4.4. Instalación del LMS

Después de la elección del Sistema de Gestión del Aprendizaje (LMS), se procede a la instalación y configuración de acuerdo a los requisitos específicos de la Universidad del Valle. En este caso, se opta por la versión 3.10.11, que en el momento de la instalación fue reconocida como la más estable en el portal de Moodle, en el siguiente anexo se evidencia el proceso de instalación utilizado en el presente proyecto **ANEXO E: Instalación e implementación de moodle y empaquetador scorm exelearning**

La guía de instalación e implementación previamente mencionada proporciona un marco esencial para comprender el proceso de implementación de un LMS, como Moodle, desde cero. Sin embargo, es importante destacar que, para el despliegue del contenido de aprendizaje y de todo el material de este, se optó por utilizar el Campus Virtual de la Universidad del Valle. Esta elección se basó en la infraestructura y la familiaridad que brindaba el Campus Virtual, lo que permitió una implementación más eficiente y una integración sin problemas de los recursos educativos desarrollados en el contexto de este trabajo.

Por lo anterior, nuestro director de tesis nos proporciona un curso específico dentro del Campus Virtual, que se denomina “Trabajo de Grado - II”. Este espacio se convirtió en el entorno virtual donde se procedió a implementar y alojar todos los recursos de aprendizaje diseñados en el marco del presente trabajo de grado. A través de este curso se pudo ofrecer a los usuarios un acceso estructurado y organizado a los materiales de estudio, actividades interactivas y pruebas, simplificando así el proceso de aprendizaje y seguimiento de los participantes, como se muestra en la siguiente figura, en dónde ya se encuentra el curso

desplegado.

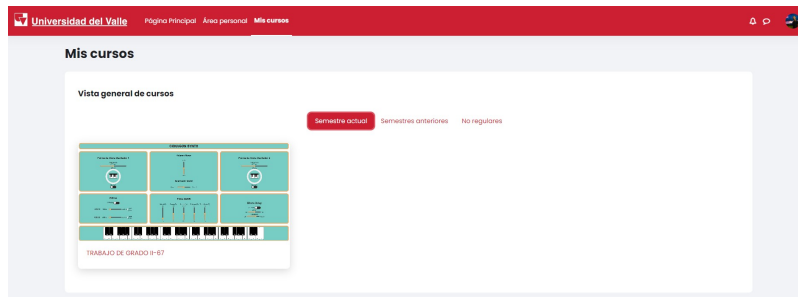


Figura 3.11: Curso implementado en el LMS Moodle de la Universidad del Valle para el despliegue del contenido de aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.

Al ingresar al curso se logra evidenciar en la parte izquierda cómo se han desplegado por temas los OVA desarrollados, junto a estos la prueba de conocimientos, en el centro de la pantalla se muestra el contenido según sea el tema seleccionado por el estudiante, tal como se evidencia a continuación.

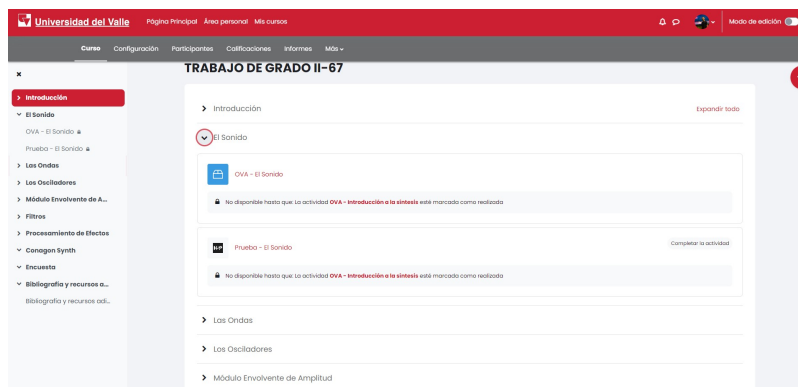


Figura 3.12: Despliegue del contenido de los OVA y prototipo de sintetizador de sonido en el Moodle de la Universidad del Valle. Fuente: Elaboración propia.

Así, culminamos la fase de implementación del sistema de aprendizaje LMS, abarcando la creación de cursos, la segmentación por temas y la importación del contenido correspondiente a cada uno de ellos. El desarrollo e implementación de las pruebas en H5P se llevarán a cabo en el **ANEXO F: Implementación de Pruebas en H5P**.

Lo que se mencionó en la subsección 3.4 ayuda a alcanzar el objetivo específico 2: Desarrollar los contenidos temáticos para el aprendizaje de diseño de sonido.

3.5. Desarrollo de prototipo de sintetizador de audio web

Una vez que se han definido los componentes necesarios para el sintetizador de audio web, esta sección se adentra en la explicación detallada de su desarrollo. En el marco teórico, se analizaron las herramientas modernas que posibilitan la creación de software de audio en la web. Para abordar la construcción del sintetizador, se proporciona una breve descripción con líneas de código de cómo JavaScript, a través de la API de audio web, lleva a cabo esta funcionalidad [31].

- JavaScript se utiliza para crear y controlar objetos de la API de Audio Web.
- Para trabajar con la Web API Audio, se crea un contexto de audio en JavaScript utilizando `new AudioContext()` y luego usar métodos y propiedades para configurar y modificar cómo se procesa el audio, así como se observa en la figura 3.13
`const audioContext = new (window.AudioContext or window.webkitAudioContext)();`
- Las fuentes de audio, como `OscillatorNodes` o `AudioBuffers`, se utilizan para generar o cargar sonidos, así como se observa en la figura 3.13.
`// Crear un oscilador para generar un tono`
`const oscillator = audioContext.createOscillator();`
`oscillator.type = 'sine'; // Tipo de onda (en este caso, senoidal)`
`oscillator.frequency.setValueAtTime(440, audioContext.currentTime); // Frecuencia en Hz (La nota A4)`
`oscillator.start();`
- La web API audio cuenta con nodos de procesamiento de audio, como `GainNode` o `ConvolverNode`, se conectan entre sí para definir la ruta de procesamiento del audio. así como se observa en la figura 3.13
`// Crear un nodo de ganancia para ajustar el volumen`
`const gainNode = audioContext.createGain();`
`gainNode.gain.setValueAtTime(0.5, audioContext.currentTime); // Volumen (de 0 a 1)`
- JavaScript se encarga de la lógica de la aplicación y utiliza la API de Audio Web para controlar la reproducción, el volumen, los efectos y otras características relacionadas con el audio.
- Juntos, JavaScript y la API de Audio Web permiten la creación de aplicaciones web con funcionalidades de audio personalizadas, en este caso un sintetizador de audio

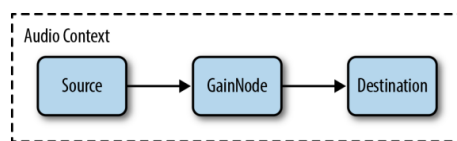


Figura 3.13: Contexto de audio de forma gráfica. Extraída del Libro Web de API Audio [31]

En la figura 3.13 se proporciona una representación gráfica del contexto de audio y sus componentes. En esta ilustración, la “Fuente” se identifica como el punto de inicio del audio, representado por el Oscilador. El “GainNode”, por su parte, desempeña el papel de regulador del volumen del audio, mientras que el “Destination” simboliza la destinación final de la salida de audio, generalmente los altavoces o auriculares del usuario. Estos elementos resultan esenciales para la creación y manipulación de audio en aplicaciones web mediante la API de Audio.

3.5.1. Construcción de interfaz

Para llevar a cabo la construcción de la GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) del sintetizador, es esencial abordar la problemática que se presenta en este proyecto, relacionada con la falta de hardware y recursos didácticos en el curso de introducción a MIDI. Al desarrollar el sintetizador de audio web, abordamos dos necesidades clave.

En primer lugar, abordamos la necesidad de prescindir del hardware para el diseño de sonidos. Al ser una aplicación web, no requiere recursos computacionales significativos, lo que permite a los usuarios acceder a ella con tan solo una conexión a Internet. Esto elimina la barrera de acceso al hardware y facilita el acceso al sintetizador por medio de un navegador web.

En segundo lugar, la creación de los OVA, diseñados específicamente para abordar la carencia de material didáctico, servirá como una herramienta integral de revisión y enseñanza. Esto significa que antes de interactuar con el sintetizador de audio web, los usuarios podrán familiarizarse con los conceptos y componentes que encontrarán en él, lo que les permitirá manipularlo de manera más efectiva.

Sin embargo, es fundamental evitar caer en la misma problemática de diseñar un sintetizador de audio que pueda generar en el usuario una “sobrecarga cognitiva” [52]. Según, Goudeseune y Garnett, Esto podría dificultar la interacción y llevar al usuario a evitar su uso. Para abordar este desafío, se ha extraído valiosos puntos del artículo Interfaces gráficas para la síntesis de audio digital, realizado por Daniel Gomez, este artículo tiene unos puntos claves que pueden servir de guía en la creación de una interfaz intuitiva y amigable para el usuario.

1. **Integración de lenguaje científico y perceptivo:** La interfaz combinara tanto

el lenguaje científico utilizado en la síntesis de audio con el lenguaje perceptivo del músico, esto ayudara a cerrar la brecha entre el usuario y la máquina, haciendo que la interfaz sea más cognitiva e intuitiva.

2. **Estimulación de la cognición del alumno:** La GUI estimulará la cognición del usuario, aprovechando no solo el sentido de la audición, sino también el del tacto y el visual, ya que el teclado simulara el piano y la interfaz estará dividida por componentes con los que ya interactuó en los OVA.
3. **Equilibrio entre control y sobrecarga cognitiva:** La interfaz debe contar con un equilibrio entre ofrecer un control detallado sobre las múltiples dimensiones de un sintetizador y evitar la sobrecarga cognitiva, no es necesario abrumar al usuario con demasiados controles, lo ideal es que los componentes, controles y perillas que deba modificar ya los haya comprendido en los OVA.
4. **Instrucciones de uso:** Por más intuitiva que sea la interfaz de un sintetizador de audio siempre debe contar con un módulo de instrucciones de uso o en su defecto un manual de usuario, a la cual pueda acudir el alumno en el momento que tenga alguna duda sobre algún componente.

Teniendo en cuenta estos puntos y los componentes que tendrá el presente sintetizador de audio web descritos en etapas anteriores, se propone el siguiente mockup en la figura 3.14, el cual fue elaborado de la mano con el profesor Paulo Gutierrez.

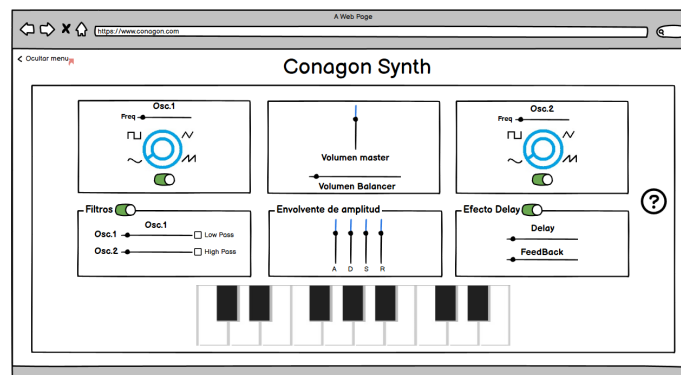


Figura 3.14: Mockup del sintetizador de audio web "Conagon Synth". Elaboración propia

En la Figura 3.14, se aprecian los componentes que integrarán el sintetizador de audio y cómo se distribuirán en toda la interfaz. Estos incluyen dos osciladores, el control de volumen principal y el balanceador de volumen, filtros, envolventes de amplitud, un efecto de retardo, un teclado de piano y un simulador de teclado MIDI que se activará mediante el teclado de la computadora.

3.5.2. Interacción entre componentes

En esta sección se explica la lógica requerida para que todos los componentes del sintetizador, pueda interactuar entre sí. Para ello se ilustra en la figura 3.15, que presenta el esquema desde cómo se genera el sonido al presionar la tecla, hasta que la señal generada llega a los parlantes o salida de audio.

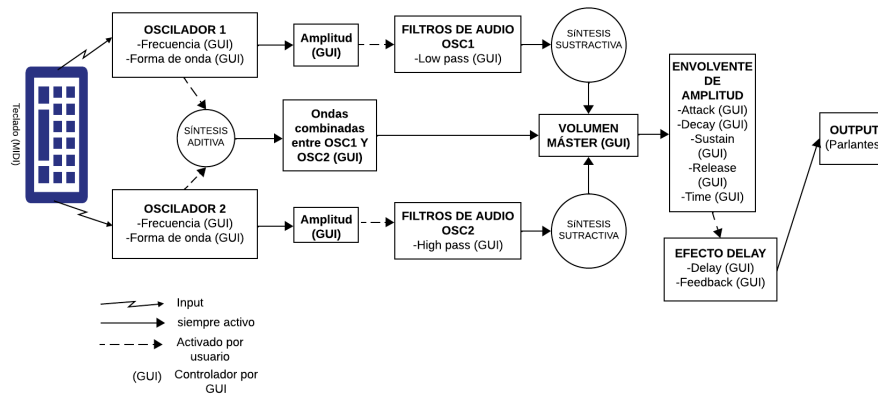


Figura 3.15: Clase Oscilador 1. Elaboración propia

Como se muestra en la figura 3.15, el ciclo de vida del sonido y su señal comienza cuando se presionan las teclas asignadas a las frecuencias de una octava. Si el oscilador 1 está activado, se inicia, y lo mismo ocurre con el oscilador 2 si está encendido. Cada oscilador tiene la capacidad de ajustar su frecuencia y forma de onda. Si ambos osciladores están activos, se combinan sus ondas, lo que resulta en síntesis aditiva. Antes de llegar al control de volumen principal, el sonido pasa por un balanceador de volumen, lo que significa que si el balanceador se encuentra más hacia la izquierda, predominará el oscilador 1; si está en el centro, se escucharán ambos osciladores, y si está a la derecha, se escuchará solo el oscilador 2.

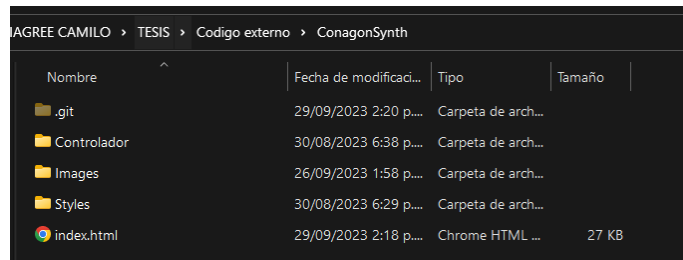
Luego, si el usuario activa el módulo de filtros, el oscilador 1 ofrece la opción de filtro paso bajo (low pass), mientras que el oscilador 2 ofrece la opción de filtro paso alto (high pass). De esta manera, se obtiene síntesis sustractiva. Posteriormente, la señal pasa al control de volumen principal y luego atraviesa los envolventes de amplitud. Si el usuario activa el efecto de retardo (delay), el sonido se ve afectado antes de llegar a la salida (Parlantes).

3.5.3. Arquitectura Implementada

La arquitectura planteada para desarrollar el sintetizador de audio web es una arquitectura modular ya que esta ofrece ventajas como la reutilización del código, es de fácil aplicación,

permite manteamiento sencillo y la alta escalabilidad.[53]

De esta manera se crea la siguiente estructura de carpetas y archivos para organizar el proyecto para mantener separada las diferentes capas del sintetizador web, como se observa en la Figura 3.16.



The screenshot shows a file explorer window with the path 'IAGREE CAMILO > TESIS >Codigo externo > ConagonSynth'. It displays a table of files and folders:

Nombre	Fecha de modificaci...	Tipo	Tamaño
.git	29/09/2023 2:20 p...	Carpeta de arch...	
Controlador	30/08/2023 6:38 p...	Carpeta de arch...	
Imágenes	26/09/2023 1:58 p...	Carpeta de arch...	
Styles	30/08/2023 6:29 p...	Carpeta de arch...	
index.html	29/09/2023 2:18 p...	Chrome HTML ...	27 KB

Figura 3.16: Estructura de carpetas y archivos para el desarrollo del Sintetizador. Elaboración propia

En la Figura 3.16, se puede detallar la organización de archivos y carpetas en el proyecto del sintetizador de audio. En la carpeta “Controlador” se almacena la lógica esencial del sintetizador, donde se encuentra toda su funcionalidad principal. La carpeta “Styles”, contiene todos los estilos utilizados para dar formato y diseño al sintetizador. Además, en la carpeta “Imágenes” se encuentran almacenadas todas las imágenes utilizadas en el proyecto. Por último el archivo “index”, es el componente que contiene la vista e interfaz completa del sintetizador de audio, proporcionando la representación visual de la aplicación.

3.5.4. Programación

En la presente sección se plantea el proceso para programar los distintos componentes que tendrá el sintetizador de audio web, aquí solo se abordará el ejemplo del oscilador 1, en el **ANEXO G: Codificación del prototipo de sintetizador de audio web**, puede ver el código detallado y explicado.

Ejemplo con el componente Oscilador 1: Este oscilador se encarga de generar el sonido al ser activado por el teclado y la lógica de su procesamiento la podemos ver en la Figura 3.29:


```

class Oscillator1 {
  constructor(type, frequency, gainNodeOsc1, delayNode, feedbackGainNode) {
    // Crear nodo de filtro biquad para este oscilador
    const filterNodeOsc1 = audioContext.createBiquadFilter();
    filterNodeOsc1.type = 'lowpass'; // Puedes ajustar el tipo de filtro aquí
    filterNodeOsc1.frequency.value = parseFloat(LowPassFilterControl.value);
    oscillator1 = audioContext.createOscillator();
    if (stateLowPassOsc1 && stateFilters && stateDelay) {
      oscillator1.connect(filterNodeOsc1);
      filterNodeOsc1.connect(gainNodeOsc1);
      // Connection: GainNode(ADSR) -> FeedbackGainNode -> DelayNode -> Audio Output
      gainNodeOsc1.connect(feedbackGainNode).connect(delayNode).connect(audioContext.destination);
      // Connection: DelayNode -> FeedbackGainNode
      delayNode.connect(feedbackGainNode);
    } else if (stateLowPassOsc1 && stateFilters) {
      oscillator1.connect(filterNodeOsc1);
      filterNodeOsc1.connect(gainNodeOsc1);
    } else if (stateDelay) {
      oscillator1.connect(gainNodeOsc1);
      // Connection: GainNode(ADSR) -> FeedbackGainNode -> DelayNode -> Audio Output
      gainNodeOsc1.connect(feedbackGainNode).connect(delayNode).connect(audioContext.destination);
      // Connection: DelayNode -> FeedbackGainNode
      delayNode.connect(feedbackGainNode);
    } else {
      oscillator1.connect(gainNodeOsc1);
    }
    if (type == null) {
      oscillator1.setPeriodicWave(customWaveform);
    } else {
      oscillator1.type = type;
    }
    oscillator1.frequency.value = frequency;
  }

  start() {
    oscillator1.start();
  }

  stop() {
    oscillator1.stop();
  }
}

```

Figura 3.17: Estructura de carpetas y archivos para el desarrollo del Sintetizador. Elaboración propia

El código de la figura 3.17 define una clase llamada “Oscillator1” que representa un oscilador de audio en el contexto de una aplicación web del sintetizador, esta hace lo siguiente:

1. El constructor de la clase Oscillator1 toma varios parámetros, incluyendo type (tipo de forma de onda del oscilador), frequency (frecuencia de la forma de onda), gainNodeOsc1 (nodo de ganancia), delayNode (efecto delay) y feedbackGainNode (el feedback del delay)
2. Dentro del constructor, se crea un nodo de filtro biquad llamado filterNodeOsc1 y se configura como un filtro paso bajo ('lowpass'). La frecuencia del filtro se establece en función del valor de LowPassFilterControl.
3. Luego, se verifica el estado de algunas variables booleanas como stateLowPassOsc1, stateFilters, y stateDelay. Dependiendo de estos estados, se conectan los nodos de audio de diferentes maneras. Los posibles estados y conexiones son:

Si stateLowPassOsc1, stateFilters, y stateDelay son verdaderos, se conecta el oscilador al nodo de filtro, luego al nodo de ganancia (gainNodeOsc1), y finalmente se crea una cadena de conexión que pasa a través de feedbackGainNode, delayNode y finalmente al destino de audio (audioContext.destination).

Si solo stateLowPassOsc1 y stateFilters son verdaderos, se conecta el oscilador al nodo de filtro y luego al nodo de ganancia.

Si solo stateDelay es verdadero, se conecta el oscilador directamente al nodo de ganancia, y luego se crea una cadena de conexión que pasa a través de feedbackGainNode,

delayNode y finalmente al destino de audio.

Si ninguno de los estados anteriores es verdadero, el oscilador se conecta directamente al nodo de ganancia.

4. Luego, se verifica el tipo de forma de onda (type). Si type es null, se utiliza una forma de onda personalizada (customWaveform), de lo contrario, se establece el tipo de forma de onda del oscilador según el valor de type (onda senoidal, cuadrada, dientes de sierra o triangular).
5. Finalmente, se establece la frecuencia del oscilador en el valor proporcionado a través del parámetro frequency.

Además del constructor, la clase Oscillator1 tiene dos métodos:

start(): Este método inicia el oscilador llamando a oscillator1.start(), lo que comienza la generación de sonido.

stop(t): Este método detiene el oscilador llamando a oscillator1.stop(t), donde t es el momento en el que se detendrá la generación de sonido.

Con el fin de poder desarrollar los demás contenidos del presente proyecto, se deja hasta aquí la explicación del código y se deja el resto de explicación en el **ANEXO G: Codificación del prototipo de sintetizador de audio web**

3.5.5. Prototipo final del sintetizador de audio web

A continuación se mostrara en la figura 3.18 del sintetizador de audio web en su prototipo final, el cual se subió a la web por medio de GitHub pages y se puede acceder a el por medio del siguiente link: <https://algoritmo.github.io/ConagonSynth/ConagonWeb/>

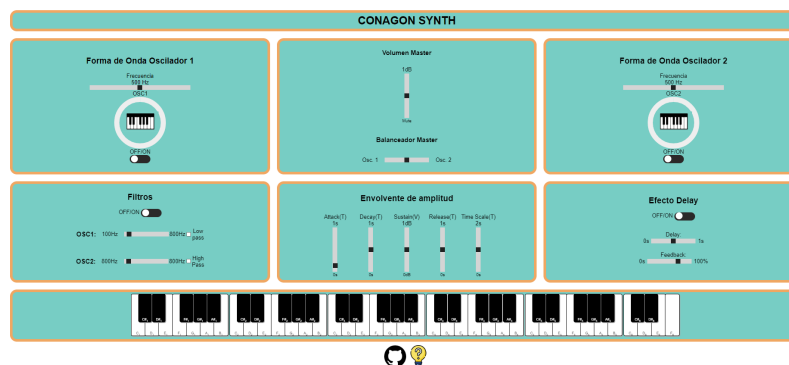


Figura 3.18: Conagon Synth, prototipo de sintetizador de audio web. Elaboración propia

3.5.5.1. Requerimientos de sistema

Para el acceder al sintetizador de audio web debe entrar al recurso “Conagon synth” en el campus virtual al finalizar los OVA, y para su uso lo único que requiere en el computador es tener un navegador web instalado y acceso a internet.

El nombre que se le da al sintetizador proviene de la conjunción de los apellidos de los autores del proyecto. De esta manera la sub sección 3.5 ayuda a alcanzar el objetivo 3, el cual es diseñar un prototipo de sintetizador de audio web que complemente los conocimientos adquiridos en los OVA y le sirva al alumno de herramienta pedagógica y didáctica.

Capítulo 4

Pruebas, implementación y resultados

En el presente capítulo, se ofrece una descripción detallada de la implementación de los Objetos Virtuales de Aprendizaje OVA en el curso “Introducción a MIDI”. Se abordarán la encuesta relacionada con la experiencia del alumno y los resultados que e obtengan de las mismas.

4.1. Implementación de los OVA en el curso

Para llevar a cabo la implementación del presente proyecto en el curso, lo primero que se hizo fue habilitar todos los OVA en el campus virtual, de manera que solo el profesor Paulo Gutiérrez tuviera acceso a estos, con el fin de recibir una retro alimentación por parte de él, sobre la presentación de los contenidos, la veracidad de la información suministrada, contenido multimedia idóneo y fuentes utilizadas.

4.1.1. Pruebas y correcciones preliminares

Un ejemplo de las correcciones y pruebas realizadas por el profesor surge en el OVA de Osciladores, en el módulo de “Hazlo tú”, exactamente en el oscilador modulador de la Síntesis FM, plantea lo siguiente: “Estaría bien que el oscilador modulador también emitiera frecuencias por debajo de los 20Hz”, como se observa en la figura 4.1.

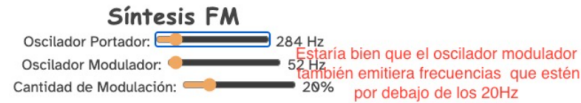


Figura 4.1: Corrección planteada en el OVA - Osciladores por parte del profesor Paulo Gutiérrez. Elaboración propia

En la figura 4.1 se observa que el oscilador modulador no permite configurar su valor por debajo de los 20Hz, se corrige esto en el código y se muestra a continuación en la figura 4.2.

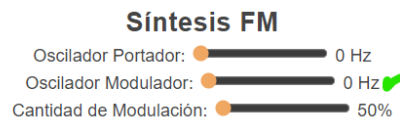


Figura 4.2: Corrección realizada en el OVA - Osciladores por sugerencia realizada por parte del profesor Paulo Gutiérrez. Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.1 la fuente que se utilizaba lleva por título Comic Sans, esta fuente se había utilizado en toda la serie de los OVA, después de que el profesor revisara los contenidos, también nos plantea utilizar una fuente más convencional y nos da dos opciones: Times new roman o Arial. Como se observa en la figura 4.2 cambiamos la fuente de todos los OVA por Arial.

4.1.2. Prueba piloto

Una vez completadas todas las correcciones y pruebas preliminares, y con la configuración del curso en el campus virtual preparada para su uso, se procedió a acordar una fecha de implementación con el profesor. Estas fechas fueron el 28 y 29 de septiembre de 2023 en las instalaciones de la Universidad del Valle sede Buga, específicamente en el laboratorio de sonido. Se asignaron un total de 6 horas para llevar a cabo la implementación.

En esta etapa, se seleccionó una muestra compuesta por 9 estudiantes matriculados en el curso Introducción a MIDI de un total de 18 que realizaron los OVA y la encuesta. Se excluyeron a 9 estudiantes por las siguientes razones:

1. Cuatro estudiantes no tenían las credenciales de usuario necesarias para acceder al curso. En consecuencia, se les asignaron parejas de compañeros que sí contaban con las credenciales.
2. Cuatro estudiantes no estaban matriculados en el curso de introducción a MIDI, ya que estaban cursando el segundo semestre. No obstante, se les sometió a las pruebas

de manera independiente para evaluar su interacción en los OVA.

3. Se identificó un profesor que había completado los OVA, pero ya no estaba matriculado en ningún semestre. Por lo tanto, no se incluyó en la muestra.

El levantamiento de la información se realizó en las siguientes etapas, a) El profesor matriculó a los alumnos al curso "Trabajo de grado 2". como se mencionó anteriormente este fue el curso que el director Carlos Delgado habilitó para subir los recursos. B) Explicación del proyecto a los alumnos, se usan diapositivas e infografías. Ver en **ANEXO H: Diapositivas e Infografía** . C) Desarrollo de los OVA por parte de los estudiantes. D) Atención de dudas, preguntas, aportes y retroalimentación por parte de los estudiantes o del maestro durante la clase. F) Valoración de los OVA por parte de los estudiantes mediante encuesta final.

4.1.3. Metodología de la encuesta

La metodología para la implementación de la encuesta se basó en la herramienta de evaluación Likert[54], que brinda un mecanismo para la recolección de información que se empleó para medir la experiencia del usuario y para tener unos indicadores claros que permitan una evaluación pertinente de los OVA se utiliza el instrumento para la evaluación de objetivos virtuales de aprendizaje LORI ESP (Learning Object Review Instrument for E-Learning in Spanish)[55] que ofrece nueve dimensiones para la evaluación, las cuales son:

1. **Calidad de contenidos:** Veracidad, exactitud, presentación equilibrada de ideas, y nivel adecuado de detalle.
2. **Adecuación de los objetivos de aprendizaje:** Coherencia entre los objetivos, actividades, evaluaciones.
3. **Retroalimentación y adaptación:** Contenido adaptativo o feedback dirigido en función de la respuesta de cada alumno/a.
4. **Motivación:** Capacidad de motivar y generar interés en un grupo concreto de alumno/as.
5. **Diseño y presentación:** El diseño de la información audiovisual favorece el adecuado procesamiento de la información.
6. **Usabilidad:** Facilidad de navegación, interfaz predictiva para el usuario y calidad de los recursos de ayuda de la interfaz.
7. **Accesibilidad:** el diseño de los controles y la presentación de la información está adaptada para discapacitados y dispositivos móviles.
8. **Reusabilidad:** Capacidad para usarse en distintos escenarios de aprendizaje y con alumno/as de distintos bagajes.

9. **Cumplimiento de estándares:** Adecuación a los estándares y especificaciones internacionales.

Considerando las diversas dimensiones de evaluación proporcionadas por la herramienta LORI, hemos seleccionado los siguientes indicadores para medir la calidad y pertinencia de los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) y el sintetizador de audio web: Calidad de contenidos, Adecuación de los objetivos de aprendizaje, Retroalimentación y adaptación, motivación, Diseño y presentación, y estabilidad. Estos indicadores nos permitirán llevar a cabo una evaluación de los OVA y el sintetizador de audio web en el contexto educativo.

No escogimos los accesibilidad, reusabilidad y cumplimiento de estándares por las siguientes razones:

- **Accesibilidad:** La accesibilidad no se abordó en la encuesta debido a que no se especificó en el alcance del proyecto el desarrollo de adaptaciones para estudiantes con necesidades especiales o dispositivos móviles. En futuras iteraciones, consideraremos la importancia de hacer que nuestros contenidos sean más inclusivos y accesibles para una variedad de usuarios.
- **Reusabilidad:** Aunque el contenido actual se diseñó originalmente para estudiantes en un curso o semestres específicos, es importante señalar que nuestros módulos de aprendizaje son fácilmente reutilizables para enseñar la síntesis de sonido a una audiencia más amplia. A pesar de no haber abordado específicamente este parámetro en la encuesta, la retroalimentación del público objetivo ha ayudado a identificar áreas de mejora y posibilidades de expansión en el futuro.
- **Cumplimiento de normas:** En la encuesta, no se abordó el cumplimiento de normas educativas, ya que no era responsabilidad de los estudiantes determinar si los contenidos cumplen o no con los estándares educativos. Sin embargo, es importante destacar que para el desarrollo se siguieron estándares reconocidos en la industria. Por ejemplo, para exportar los paquetes SCORM, se usó un estándar ampliamente aceptado y adecuado, que garantiza versatilidad en los contenidos complejos y actividades de aprendizaje interactivas, como lo es: SCORM 2004.

Teniendo seleccionados los indicadores se realiza la encuesta por medio de formularios de Google que se encuentra en el **ANEXO I: Encuestas, resultados y evidencias**, la cual se califica en una escala de Likert del 0 al 10, donde 0 representa la calificación más baja y 10 la más alta. Específicamente, las calificaciones se distribuyeron de la siguiente manera: (0) No apreciado, (1-2) Deficiente, (3-5) Regular, (6-8) Bueno y (9-10) Excelente.

Se elaboraron 14 preguntas cuantitativas y 1 cualitativa, segmentadas en los indicadores ya mencionados, se detalla esto en la siguiente sección:

4.1.4. Encuesta y resultados

Aquí se mostraran las preguntas elaboradas para cumplir con los indicadores y las respuestas de los alumnos.

4.1.4.1. Calidad de contenidos:

1. Los módulos de aprendizaje presentan la información sobre síntesis de sonido de manera clara y precisa.
2. La explicación de los conceptos relacionados con la síntesis de sonido en los módulos de aprendizaje es sencilla y adecuada.
3. Los módulos de aprendizaje utilizan tablas como guías de contenido de manera efectiva.
4. Los módulos de aprendizaje presentan ejemplos prácticos, didácticos y de fácil realización para ilustrar los conceptos de síntesis de sonido.
5. Los módulos de aprendizaje aportan nuevos conocimientos en el campo de la síntesis de sonido.
6. En los módulos de aprendizaje se indica con claridad quiénes son los autores de los contenidos y se identifican las fuentes de información verificables.

Preguntas	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9
1	10	8	10	7	9	9	10	10	10
2	10	8	8	8	9	8	10	9	10
3	8	10	10	7	8	7	10	9	9
4	7	10	10	6	8	9	8	9	10
5	10	9	10	10	9	8	10	9	8
6	10	10	10	10	10	8	10	10	10

Tabla 4.1: Resultados a las preguntas sobre la calidad de contenidos: Elaboración propia.

4.1.4.2. Adecuación de los objetivos de aprendizaje:

1. Los módulos de aprendizaje contribuyen al desarrollo de habilidades y destrezas en el tema de síntesis de sonido.
2. La temática presentada en cada módulo de los OVA es adecuada y efectiva para el nivel de conocimientos previos que usted tiene.
3. La duración de los módulos de aprendizaje fue adecuada, lo que me permitió gestionar mi tiempo de estudio de manera eficiente.

Preguntas	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9
1	10	9	10	7	10	8	8	10	10
2	9	10	8	7	10	8	8	9	7
3	9	9	10	7	10	6	10	9	10

Tabla 4.2: Resultados a las preguntas sobre la adecuación de los objetivos de aprendizaje: Elaboración propia.

4.1.4.3. Retroalimentación y adaptación:

1. La retroalimentación proporcionada en los módulos fue útil para entender mejor los conceptos de síntesis de sonido y mejorar mi comprensión.

Preguntas	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9
1	8	8	10	7	9	7	10	9	10

Tabla 4.3: Resultados a las preguntas sobre la retroalimentación y adaptación: Elaboración propia.

4.1.4.4. Motivación:

1. Los módulos de aprendizaje fomentaron la participación activa y el compromiso con el contenido, lo que hizo que mi experiencia de aprendizaje fuera más enriquecedora.

Preguntas	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9
1	10	9	10	9	10	8	8	10	10

Tabla 4.4: Resultados a las preguntas sobre la motivación: Elaboración propia.

4.1.4.5. Diseño y presentación:

1. Los módulos de aprendizaje incluyen elementos y recursos audiovisuales que facilitan la interacción con el estudiante.
2. La duración de los módulos de aprendizaje fue adecuada, lo que me permitió gestionar mi tiempo de estudio de manera eficiente.

Preguntas	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9
1	9	10	10	9	10	9	10	9	10
2	10	8	7	9	10	8	10	9	10

Tabla 4.5: Resultados a las preguntas sobre el diseño y presentación: Elaboración propia.

4.1.4.6. Usabilidad:

1. La navegación en los módulos de aprendizaje fue intuitiva y fácil de seguir, lo que facilitó mi interacción con el contenido sobre síntesis de sonido.

Preguntas	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9
1	8	7	10	9	9	8	10	9	9

Tabla 4.6: Resultados a las preguntas sobre la Usabilidad: Elaboración propia.

4.1.4.7. Pregunta cualitativa:

Además, la última pregunta, “¿Qué mejoras sugieres para nuestros OVA?”, puede considerarse una consulta general sobre cómo mejorar los OVA y no se ajusta a un parámetro específico de LORI-ESP, pero es importante para recopilar comentarios y retroalimentación del usuario, en la siguiente tabla vemos las respuestas.

Estudiante	Respuesta
Est. 1	La explicación de los contenidos del curso es muy clara. Sin embargo, sugeriría agregar un oscilador de tipo de onda y corregir los errores relacionados con los sonidos o frecuencias que perduran.
Est. 2	En los diferentes OVA, a veces es necesario desplazarse para ver el contenido completo en los cuadros de texto.
Est. 3	Se han identificado algunos errores en el sintetizador que deberían ser corregidos
Est. 4	¡Hola! Me pareció una excelente idea implementar módulos de aprendizaje relacionados con la síntesis de sonido. Mi única sugerencia de mejora sería la posibilidad de modificar los parámetros de frecuencia a través del teclado numérico.
Est. 5	Felicidades por este genial y creativo proyecto de grado, chicos Sería beneficioso ampliar un poco más la información proporcionada en los módulos .
Est. 6	Me parece un proyecto muy bueno que aporta mucho a la creación musical, permitiendo a uno inventar sus propios sonidos. La explicación de los términos es clara.
Est. 7	En relación a los 'Hazlo Tú' presentados en los OVA, sería útil explicar qué teclas del ordenador deben tocarse para que el piano virtual suene. Además, se podría mejorar la interfaz de la página, haciendo que sea más fácil hacer clic en los elementos, ya que actualmente se requiere precisión para ajustar ciertos efectos
Est. 8	Sería valioso incluir una comparación con un sintetizador común como punto de referencia para facilitar la comprensión de los conceptos aprendidos, por ejemplo, relacionando términos como Heilm, VCV, etc
Est. 9	Excelente trabajo. Sugiero considerar añadir en futuras actualizaciones un LFO con la posibilidad de modular distintos parámetros.

Tabla 4.7: Resultados a la pregunta cualitativa: Elaboración propia.

4.1.5. Análisis de resultados

En esta sección, analizaremos los resultados obtenidos en la encuesta para determinar si ha sido bien recibida por parte de los alumnos. Para evaluar cada indicador mediante la escala de Likert, se calcula el promedio sumando los valores de las respuestas de cada estudiante y dividiéndolo por el número de preguntas establecidas para ese indicador. Luego, se calcula el valor total del indicador sumando el promedio de respuestas por estudiante y dividiéndolo entre el número total de estudiantes, es decir, nueve.

1. **Calidad de contenidos:** El resultado según la escala de Likert y las respuestas dadas por los alumnos para el presente indicador se observa en la figura 4.3 exactamente en la fila de total indicador y en la gráfica 4.4.

4.1.4.1 Indicador calidad de contenidos									
Preguntas	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Est. 9
1	10	8	10	7	9	9	10	10	10
2	10	8	8	8	9	8	10	9	10
3	8	10	10	7	8	7	10	9	9
4	7	10	10	6	8	9	8	9	10
5	10	9	10	10	9	8	10	9	8
6	10	10	10	10	10	8	10	10	10
Promedio	9,166666667	9,166666667	9,666666667	8	8,833333333	8,166666667	9,666666667	9,333333333	9,5
Total indicador	9,055555556								

Figura 4.3: Tabla de resultado del indicador calidad de contenidos. Elaboración propia

Podemos apreciar estos valores de manera mas detallada en el siguiente gráfico.

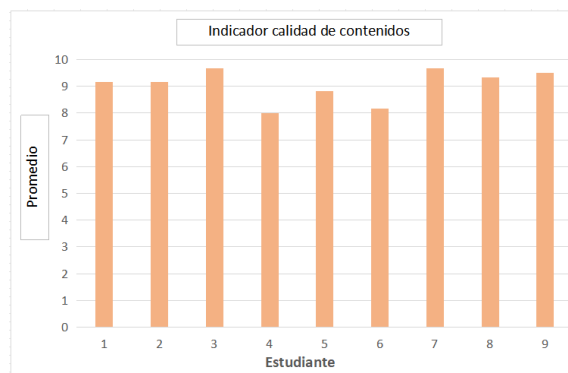


Figura 4.4: Gráfico indicador calidad de contenidos. Elaboración propia

El valor del indicador actual es de 9.1, lo que quiere decir es que el presente indicador fue valorado por los alumnos como **excelente**, ya que se encuentra entre el rango de 9 a 10 en la escala de Likert.

Nota: A continuación se agregara el total del indicador, mas no se añadirán la tabla y el gráfico del mismo, estas se agregara en el **ANEXO I: Encuestas, resultados y evidencias**

2. **Adecuación de los objetivos de aprendizaje:** El valor del indicador es de 8.8, lo que quiere decir que el presente indicador fue valorado por los alumnos como **bueno**, ya que se encuentra entre el rango de 6 a 8 en la escala de Likert.
3. **Retroalimentación y adaptación:** El valor del indicador es de 8.8, lo que quiere decir que el presente indicador fue valorado por los alumnos como **bueno**, ya que se encuentra entre el rango de 6 a 8 en la escala de Likert.
4. **Motivación:** El valor del indicador es de 9.3, lo que quiere decir que el presente indicador fue valorado por los alumnos como **excelente**, ya que se encuentra entre el rango de 9 a 10 en la escala de Likert.
5. **Diseño y presentación:** El valor del indicador es de 9.3, lo que quiere decir que el presente indicador fue valorado por los alumnos como **excelente**, ya que se encuentra entre el rango de 9 a 10 en la escala de Likert.
6. **Usabilidad:** El valor del indicador es de 8.7, lo que quiere decir que el presente indicador fue valorado por los alumnos como **bueno**, ya que se encuentra en la entre el rango de 6 a 8 en la escala de Likert.

Los resultados de los indicadores de calidad de contenido, alineación de objetivos educativos, retroalimentación, motivación, diseño y presentación, y usabilidad apuntan a una evaluación positiva por parte de los estudiantes en relación a los OVA. Los puntajes sobresalientes en calidad de contenido, congruencia con los objetivos de aprendizaje y retroalimentación reflejan la percepción de que el presente proyecto proporciona materiales pertinentes y alineados con los objetivos de enseñanza. La alta motivación y la calidad del diseño y presentación de los OVA indican que los estudiantes se sienten comprometidos y encuentran en los OVA un atractivo, además de estar organizados de manera eficiente.

Aunque la usabilidad obtuvo una puntuación ligeramente inferior, sigue siendo valorada de manera positiva en términos generales. En resumen, estos resultados sugieren que el proyecto actual está cumpliendo con éxito sus objetivos al ofrecer material pedagógico y didáctico de calidad para el aprendizaje de diseño de sonido básico, junto con un prototipo de sintetizador de audio web, lo que permite a los estudiantes interactuar directamente desde el navegador y suplir necesidad de tener recurrir a sintetizadores físicos o a sintetizadores de software que consumen muchos recursos de maquina.

Sin embargo, no pasaremos por alto las áreas que requieren mejoras y consideraremos las recomendaciones proporcionadas en la evaluación para futuros sprints.

Capítulo 5

Conclusiones y trabajos futuros

5.1. Conclusiones

1. Encontrar un público objetivo para implementar el tema abordado en este proyecto, que se centró en el curso “Introducción a MIDI” de la Escuela de Música de la Universidad del Valle, sede Buga, fue una experiencia enriquecedora. Nuestra aproximación a la sede y la presentación de nuestra propuesta nos permitieron conectar con un experto en la materia, el profesor Paulo Gutiérrez. Es verdaderamente satisfactorio contribuir a este campo a través de la tecnología y diversas metodologías de enseñanza, como Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) y con el resultado de las pruebas ver cómo los estudiantes han logrado comprender y consolidar conceptos relacionados con la síntesis de sonido.
2. El realizar la investigación sobre los componentes y características que tiene un sintetizador de sonido fue interesante y a la vez un reto, ya que encontrar información del tema no fue una tarea fácil, pero encontrar proyectos, trabajos de grado e investigaciones fidedignas sobre temas de síntesis sustractiva, síntesis aditiva, envolventes de amplitud, filtros, además de metodologías de aprendizaje, herramientas para crear y publicar recursos virtuales de aprendizaje como lo son eXeLearning y Moodle respectivamente, nos abrió la puerta a un campo maravilloso y fue de suma importancia para elaborar el presente proyecto.
3. Afrontar el diseño de contenidos representa una significativa responsabilidad, dado que involucra considerar múltiples factores, tales como la efectiva transmisión de conocimientos y su adaptación al público objetivo. Durante nuestra investigación sobre cómo abordar esta tarea, identificamos la metodología propuesta por DINTEV para el desarrollo de Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) como la elección más adecuada para nuestro proyecto. Esta metodología ha demostrado su validez al haber sido

exitosamente implementada y refinada en numerosos proyectos de software y trabajos de grado. De este modo, nos brindó una guía sólida y confiable para estructurar y crear los contenidos y recursos de cada OVA de manera efectiva.

4. El desarrollo del sintetizador de audio web representó un desafío considerable dentro de este proyecto, dado que la información disponible en esta área era limitada. Sin embargo, el hallazgo de la API de Audio web y su comprensión detallada nos brindaron una herramienta poderosa para la implementación de los diversos módulos del sintetizador. Además, abordamos con éxito el desafío de evitar el problema común de “sobrecarga cognitiva”, que afecta a muchos sintetizadores virtuales y físicos. Para ello, el artículo “Interfaces gráficas para la síntesis de audio digital” [52], nos proporcionó puntos a tener en cuenta como, la integración entre el lenguaje científico y perceptivo, y la estimulación de la cognición del alumno. Instrucciones que permitieron mitigar este problema y garantizar una experiencia de usuario más efectiva.
5. Realizar la implementación en el curso fue una de las actividades mas enriquecedoras de todo este proceso, ver a los estudiantes interactuar con los OVA y el sintetizador, sentirse atraído por el mismo y despertar su curiosidad y ganas de aprender, es lo mas valioso que nos deja el presente proyecto. Esto nos indica que los recursos, temas y contenidos fueron bien recibidos como lo reflejo las preguntas al finalizar cada OVA y también la encuesta final elaborada bajo la herramienta LORI, donde los alumnos señalan positivamente el indicador de “Adecuación de los objetivos de aprendizaje”, además al unificar el resto de indicadores nos dan unos resultados generales positivos, como se analizó en el capitulo anterior.

5.2. Trabajos futuros

Después de un trabajo de grado, se abren diversas oportunidades de investigación que pueden ser exploradas como extensiones del mismo. Algunos proyectos u investigaciones potenciales que pueden derivarse de este trabajo previo incluyen:

- Desarrollar un sintetizador de audio web que incorpore inteligencia artificial para la generación de sonidos personalizados, a través de inputs como PROMPS, es un desafío apasionante y prometedor.
- Diseñar OVA de diseño de sonido avanzado donde se toquen temas como síntesis granular, LFO's secuenciador y arpegiadores, polifonía, entre otros.
- Diseñar OVA para cualquier tema referente a la música y un sintetizador de audio web adaptado a dispositivos móviles.
- Desplegar el proyecto en otros LMS distintos a Moodle o directamente subirlo a producción como una pagina web que reúna tanto los OVA como el prototipo de sintetizador de audio web.
- Diseñar OVA de diseño de sonido y un sintetizador de audio web adaptado a dispositivos móviles.

Bibliografía

- [1] B. D'urso, "Qué es un daw: ¿qué es daw? – ¿para qué sirve?." <https://musicapod.com/que-es-daw/>, 2020.
- [2] T. G and A. Božinovsk, "Reglas y prácticas en eXtreme Programming," *Universuty American College Skopje. Skopje, Macedonia*, 2013. <http://ciit.finki.ukim.mk/data/papers/10CiiT/10CiiT-39.pdf>, Consultado 2023-07-09.
- [3] M. S. Casanovas, "Síntesis de audio a partir de parámetros subjetivos de la imagen," *ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN*, 2016. <https://hdl.handle.net/2454/22749>.
- [4] "J. a. ortega gómez, gestión de la tecnología, innovación y competitividad empresarial, inycomp, vol. 2, n.º 1, pp. 7–11, may 2011." https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/%20article%20/view%20/2346.
- [5] "C.i. martinez, las regalías y la inversión en ciencia y tecnología en colombia", el portafolio, pp 15, junio 2017." <https://www.portafolio.co/economia/las-regalias-y-la-inversion-en-ciencia-y-tecnologia-en-colombia-506940>.
- [6] "Consejo privado de competitividad, "ciencia y tecnologia e innovación", colombia, 2021." https://compite.com.co/wp-content/uploads/2020/11/CPC_INC_2020_2021_Ciencia-tecnologia.pdf.
- [7] B. Mundial, "Gasto en investigación y desarrollo (% del pib), unesco, 2018." https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2018&locations=IL-KR-CH-SE-JP-AT-DE-DK-US-BE-ES&most_recent_value_desc=true&start=1996&type=shaded&view=chart.
- [8] J. Rojas, "Qué es la economía naranja?, revista portafolio, p1 – par11, 2017." <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/economia-naranja-36832>.
- [9] "Portal web semana "colombia es uno de los mayores exportadores de músicos de américa latina", rvs, par 7, enero

- 2022.” <https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/colombia-es-uno-de-los-mayores-exportadores-de-musicos-de-america-latina/202206/>.
- [10] “J. j. lopez monfort, a. j. canos marin “diseño y tutorial de un sintetizador con la herramienta software reaktor”, trabajo final de carrera, universidad politécnica de valencia, gandia, 2010.” https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11489/TutorialdeSintesis_AlbertoSola.pdf?sequence=1.
- [11] “J. echague, “los sintetizadores mas baratos del mercado”, (2021) [online]. available:.” <https://www.buscarinstrumentos.com/sintetizadores-baratos/>.
- [12] “Rolan cloud, oficial page, chicago illinois, video “how to create a reggaeton track”, december 2020.” <https://www.roland.com/cloud/memberships>.
- [13] “C. penelope cross, cultural transmission modes of music sampling traditions remain stable despite delocalization in the digital age youngblood m (2019) cultural transmission modes of music sampling traditions remain stable despite delocalization in the digital age. plos one 14(2): e0211860..” <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/Q02JJQ>.
- [14] “D. reinoso, j. di pietro, r. palmero, “la síntesis de sonido”, viii jornadas nacionales de investigación en arte en argentina, facultad de bellas artes, la plata, 2011, pag 1-2:.” <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38382>.
- [15] William Moebs, Samuel J. Ling, Jeff Sanny, “Física universitaria volumen 1.” <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/17-1-ondas-sonoras>, 2021.
- [16] “B.k. shepard, refining sound guide to synthesis, oxford university, north american, new york, 2013:.” https://ia800108.us.archive.org/24/items/libros_musica/BrianK.Shepard-refiningSound_APracticalGuideToSynthesisAndSynthesizers-oxfordUniversityPress2013.pdf.
- [17] D. Jones, “World wide web,” *Embroidery*, 2012.
- [18] E. Vértice, *Técnicas avanzadas de diseño web*. Editorial Elearning, 2009.
- [19] P. Vázquez, *Creacion De Sitios Web*. Colecciones Manuales USERS, 2008.
- [20] IBM, “¿qué es una interfaz de programación de aplicaciones (api)?.” <https://www.ibm.com/es-es/topics/api>, 2021.
- [21] I. F. Viruette, “Detección de necesidades en la formación de profesores para la educación a distancia: Web 2.0,” *La calidad en la educación no presencial y el e-learning*, 2010.

- [22] “W. maioli, l maioli, n. v. ravenstein, i. gibellini, (2006) “los sonidos de la prehistoria”, soundcenter, [online] avalible:.” <https://www.soundcenter.it/preistoriaspain.html>.
- [23] “A.m. jaramillo jaramillo, “acustica: La ciencia del sonido”, 1^a edición, instituto tecnológico metropolitano, medellin colombia, septiembre de 2007.” <https://books.google.es/books?id=HMWtf1RTo4kC&lpg=PA14&dq=caracter%5C%C3%83%5C%C2%ADsticas%20del%20sonido&lr&hl=es&pg=PA13#v=onepage&q=caracter%5C%C3%83%5C%C2%ADsticas%20del%20sonido&f=false>.
- [24] “Cultural transmission modes of music sampling traditions remain stable despite delocalization in the digital age youngblood m (2019) cultural transmission modes of music sampling traditions remain stable despite delocalization in the digital age. plos one 14(2): e0211860:.” <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0211860>.
- [25] “D.a. manrique, “bob moog, inventor del sintetizador electrónico”, diario el país españa, parr. 1,2,3, agosto del 2005.” https://elpais.com/diario/2005/08/24/agenda/1124834401_850215.html.
- [26] “M. morgade, j. luna, “hermann l. f. von helmholtz (1821-1894)”, proyecto de investigación, “correspondencia europea de charles s. peirce: creatividad y cooperación científica”, universidad de navarra, españa, parr. 9, 28 de noviembre 2017.” <https://www.unav.es/gep/Helmholtz.html>.
- [27] “S. g. chaparro, “efectos digitales de audio con la web audio api”, trabajo fin de grado, universidad politécnica de valencia, valencia, españa, 20 de mayo del 2015.” <http://hdl.handle.net/10251/57433>.
- [28] “D. l. cayuso, “diseño e implementación de un sintetizador digital”, proyecto fin de grado, escuela técnica superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación, madrid, españa, 18 de febrero del 2019.” <https://oa.upm.es/54920/>.
- [29] “Roland jd-800, oficial page, roland corporation 2023”.” https://www.roland.com/es-es/products/rc_jd-800/.
- [30] “J. hanley, “syntorial”, audible genius, 24 julio 2019. [online] disponible en:.” <https://www.syntorial.com/es/>.
- [31] “B. smus, web audio api, united stated of americam, published o’reilly media, inc, 2013 [online]:.” https://webaudioapi.com/book/Web_Audio_API_Boris_Smus.pdf.
- [32] “N. tsenkov, “viktor nev-1”, sintetizador en línea, universless ltd. 2015 [en línea]: Disponible en:.” <https://www.audiopluginsforfree.com/es/viktor-nv-1/>.

- [33] “Ableton ag, schönhauser, “ableton learn synth”, aprende síntesis con ableton. en línea, 2019 [en línea]: Disponible en:” <https://learningsynths.ableton.com/>.
- [34] “M. w. docs, fundamentos de javascript, “mdn web docs” [en línea]. disponible:” https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/JavaScript_basics.
- [35] “J.a.cortez osorio, a. m. knott, j.a. chaves osorio, aproximación a la síntesis de la música a través del análisis de fourier, scientia et technica, vol. xvii, núm.52, pp.129-135 departamento de fisica, universidad tecnologica de pereira, colombia, diciembre 2012”..” <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84925149018>.
- [36] “M. rus, sound synthesis and sampling, 3^o edition, burlington, m.a, 2009.” http://netmedia.zju.edu.cn/multimedia2013/books/Sound_Synthesis_Sampling.pdf.
- [37] “I. i. sánchez medina, estado del arte de las metodologías y modelos de los objetos virtuales de aprendizaje (ovas) en colombia. artículo [en linea]. septiembre, 2014. disponible en:” <https://journalusco.edu.co/index.php/entornos/article/view/528/999>.
- [38] Colombia Aprende, “¿qué es un objeto de aprendizaje?.” <http://colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-172369.html>, Consultado 2018-10-01.
- [39] “J. g. sáenz, accesibilidad de la herramienta de autoría exelearning integrada al entorno virtual de aprendizaje moodle. artículo [en linea]. 2010. disponible en:” http://www.cava-conference.info/cava/cava2010/memorias/doc/cava2010_submission_12.pdf.
- [40] J. M. P. Ruiz, S. E. G. Moreno, and J. A. C. Montalvo, “Sistemas de gestión del aprendizaje en dispositivos móviles: evidencia de aceptación en una universidad pública de México.” http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732019000100035, 2009. Innovación educativa (México, DF).
- [41] “A. chiappe, objetos de aprendizaje 2.0: una vía alternativa para la re-producción colaborativa de contenido educativo abierto. libro [en linea]. enero, 2009. disponible en:” https://www.researchgate.net/publication/209388383_Objetos_de_Aprendizaje_20_una_via_alternativa_para_la_re-produccion_colaborativa_de_contenido_educativo_abierto.
- [42] “Atonal gutiérrez, t., la aplicación de taxonomías en los procesos de aprendizaje. sinergias educativas [en linea]. 2020, 5(2), [fecha de consulta 5 de julio de 2023]. issn: . disponible en:” <http://portal.amelica.org/ameli/journal/382/3821580006/>.

- [43] “K. e. gallardo, manual nueva taxonomía marzano y kendall [en línea]. 2009,[fecha de consulta 5 de julio de 2023]. issn: . disponible en:” http://www.cca.org.mx/profesores/congreso_recursos/descargas/kathy_marzano.pdf.
- [44] “V. de landsheere and g. de landsheere. objetivos de la educacion. didactica. barcelona, españa: Oikos-tau. libro [en línea]. 1997,[fecha de consulta 5 de julio de 2023]. issn: . disponible en:” <https://hdl.handle.net/2268/203300>.
- [45] “S. masapanta carrión, j. a. velázquez iturbide. una revisión sistemática del uso de la taxonomía de bloom en la enseñanza de la informática. didactica. barcelona, españa: Oikos-tau, 1977. paper [en línea]. 2017,[fecha de consulta 5 de julio de 2023]. issn: 978-989-95733-9-0 . disponible en:” <http://hdl.handle.net/10400.21/11981>.
- [46] “A. churches. taxonomía de bloom para la era digital, 1977. paper [en línea]. 2009,[fecha de consulta 7 de julio de 2023]. disponible en:” <https://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/TaxonomiaBloomDigital.pdf>.
- [47] C. Leiva, “Conductismo, cognitivismo y aprendizaje,” *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 18, nov. 2005.
- [48] D. Gil Pérez and J. Martínez Torregrosa, “Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias,” *IE*, vol. 1, pp. 3–12, may 2021.
- [49] R. E. M. Ruth C. Clark, *e-Learning and the Science of Instruction*. Editorial Wiley, 2016.
- [50] M. Acuña, “Psicología del color: Estímulos para aprender en ambientes virtuales.” <https://www.evirtualplus.com/psicologia-del-color-en-ambientes-virtuales/>, Consultado 2023-08-04.
- [51] M. C. B. C. S. Mayorga Muriel, K. Ramírez González and E. C. García, “Una metodología para el diseño de objetos de aprendizaje. la experiencia de la dirección de nuevas tecnologías y educación virtual, dintev, de la universidad del valle.” <https://studylib.es/doc/8679444/una-metodolog%C3%ADa-para-el-dise%C3%B1o-de-objetos-de-aprendizaje.-1a>, 2014.
- [52] D. . Gómez and D. Sánchez, “Interfaces gráficas para la síntesis de audio digital,” *Kepes*, vol. 7, p. 137–151, dic. 2010.
- [53] Fuentes, Lidia. Troya, José M. Vallecillo, Antonio, “Desarrollo de software basado en componentes,” *Universidad de Guadalajara*, 2019.
- [54] “Reyez c. luis, garzon c. manuel, tapia s. blanca. diseño y validación de una escala tipo likert para establecer características emprendedoras, 2018. paper [en línea]. 2019,[fe-

cha de consulta 3 de octubre de 2023]. disponible en:” http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632018000200135.

- [55] “García f, gómez s, aguilar d, alvarez j. traducción de instrumento para la evaluación de objetos de aprendizaje (lori esp) [en línea],[fecha de consulta 30 de octubre de 2023]. disponible en: <https://studylib.es/doc/6060656/instrumento-para-la-evaluación-de-objetos-de-aprendizaje>.”